

## Fältskiktsvegetationen 30 år efter beståndsanläggning - effekter av olika nivå på skogsskötselintensitet

*The field layer vegetation 30 years after stand establishment  
- effects of different forest management intensities*



Foto Andreas Brihem

**Andreas Brihem**





# Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2014:17

## Fältskiktsvegetationen 30 år efter beståndsanläggning

- effekter av olika nivå på skogsskötselintensitet

*The field layer vegetation 30 years after stand establishment*

*-effects of different forest management intensities*

**Andreas Brihem**

### Nyckelord / Keywords:

*Pinus contorta, Pinus sylvestris, boreal skog, succession, skogsskötselåtgärd /  
Pinus contorta, Pinus sylvestris, boreal forest, succession, silvicultural operations*

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2014

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i biologi / *Master degree thesis in Biology*

EX0705, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Anders Jäderlund

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Biträdande handledare / *Assistant supervisor*: Ulf Segerström

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Examinator / *Examiner*: Ann Dolling

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examiner. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

*This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.*

# Innehållsförteckning

Förord.....	2
Sammanfattning .....	3
Abstract .....	4
Inledning .....	5
Material och metoder .....	8
Översiktlig beskrivning av försöksserien.....	8
Försöksblocken i min studie .....	9
Fältinventeringar .....	13
Statistiska tester .....	15
Diversitetsmått .....	15
Resultat .....	18
Diskussion.....	25
Fältskiktets artantal och totala täckningsgrad .....	25
Markberedning och fältskiktsarters förekomst .....	26
Skogens slutenhet och succession.....	27
Diversitetsmönster .....	28
Metodkommentarer och felkällor .....	29
Slutsatser .....	30
Referenser .....	32
Bilaga 1 .....	37
Bilaga 2 .....	38
Bilaga 3 .....	39
Bilaga 4 .....	40

## Förord

Detta examensarbete om 30 högskolepoäng i huvudämnet biologi har jag genomfört som en del i jägmästarutbildningen och har utförts vid institutionen för Skogens ekologi och skötsel vid Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. Arbetet uppkom efter ett förslag från min handledare Anders Jäderlund om att en försökserie avsett för att studera skogsskötselintensitet även skulle kunna vara relevant för vegetationsstudier.

Jag har utfört fältarbete under sommaren 2013 och slutfört databearbetning och rapportskrivning under höstterminen 2013 och vårterminen 2014.

Jag vill rikta ett särskilt stort tack till min handledare Anders Jäderlund som stöttat mig i mitt arbete på ett föredömligt sätt. Uppgifter från tidigare inventeringar och frågor kring försökserien har jag fått hjälp med av Kristina Ulvcrone vilket jag är mycket tacksam för. Tack Ulf Segerström för att du tog dig tid att korrekturläsa. Även särskilt tack vill jag även rikta till Adam Burström som följde med första dagen ut i fält och var ett uppskattat bollplank. Familj och vänner som stöttat mig under arbetets gång, tack ni har varit en fantastisk drivkraft.

## Sammanfattning

En landsomfattande försökserie anlades mellan 1984 - 1988 med 15 försöksblock i Sverige. Syftet var att studera den totala effekten på virkesproduktionen av tre olika intensiva skogsskötselalternativ. Inom varje block upprättades en extensiv behandling som innebar att ingen åtgärd efter avverkning vidtogs, en normal behandling som motsvarade markägarens normala skötselintensitet vid tiden när försöken anlades. Slutligen fanns en intensiv behandling där ambitionsnivån skulle vara högre än vad som kunde anses vara normalt.

Mitt syfte var att studera hur fältskiktets täckningsgrad och artantal påverkats av de tre olika skogsskötselintensiteterna på de tre försöksblocken Bjurholm, Edefors och Harads i Norra Sverige. På dessa block inventerade jag markvegetationen med fokus på fältskiktet i månadsskiftet mellan Juni och Juli 2013. Min inventering kompletterades med beståndsdata för trädskiktet som fanns tillgängligt för år 2011.

Mina resultat från studien visar att flest fältskiktsarter fanns inom normal behandlingsyta i block Bjurholm och Harads som var de två artrikaste blocken i min studie. I Edefors var artantalet mindre än hälften jämfört med de två andra blocken och där var skillnaden mellan behandlingsytorna liten. Med regressionsmodeller tydliggjordes att, antalet arter i fältskiktet ökade med stigande volym stående skog i två av blocken, samt att fältskiktets totala täckningsgrad för blocken sammanslaget minskade med ökat stamantal  $ha^{-1}$ . Markberedning har sannolikt påverkat antalet fältskiktsarter, i de två block där markberedning har utförts är antalet fältskiktsarter högst i de två behandlingsytorna som är markberedda med harv. Tydligaste effekten för en enskild art var för *Vaccinium myrtillus*, i block Bjurholm och Harads. Där hade normal och intensiv behandlingsyta statistiskt signifikant högre täckningsgrad än den extensiva behandlingsytan vilket kan vara relaterat till trädskiktets utveckling.

Baserat på tolkningen av diversitets- och jämnhetsindexen samt diversitetprofilen så minskade fältskiktets diversitet och jämnhet i block Bjurholm med stigande skogsskötselintensitet. Dominansindexet visade på ökande dominans med ökande skogsskötselintensitet i block Bjurholm. I block Edefors däremot så ökade diversiteten och jämnheten med stigande intensitet. Inga tydliga mönster gick att utläsa från block Harads med avseende på indexen och diversitetsprofilen.

## Abstract

A nationwide test series was initiated between 1984 - 1988 at 15 study sites in Sweden. The aim was to study the total effect on timber production depending on three different intensities of forest management alternatives. At each study site a treatment named extensive was performed representing forestry without any regeneration efforts after clear cutting. A normal treatment unit which represented the land owners normal forest management at the time for the establishment of the test series. The third treatment unit called intensiv represented a forest management alternative with higher ambitions than what could be considered to be normal.

My aim was to investigate how the percentage cover and number of species of the field layer has been affected by the three different intensities of forest management at the study sites Bjurholm, Edefors and Harads in Northern Sweden. I carried out an inventory on the ground layer vegetation with the main focus on the field layer vegetation in the turn of June and July 2013. Data on the tree layer from the year 2011 was available for me to use.

The results from my study reveal that the highest number of field layer species was found at the normal treatment at sites Bjurholm and Harads which were the most species rich sites in my study. Site Edefors had less than half as many field layer species than the other two sites and the number of species was roughly the same between treatment units. Regression models clarified two main things, number of field layer species increased with increasing standing forest volume at two sites, and the total coverage of the field layer decreased with increasing number of stems  $\text{ha}^{-1}$  when all sites were considered. It is likely that ground scarification has influenced the number of field layer species. At the two sites where scarification was performed, treatment units where harrowing was performed is where the highest number of field layer species was found. The most pronounced difference for an individual species was recorded for *Vaccinium myrtillus* at sites Bjurholm and Harads. At these sites, normal and intensiv treatment units had statistically significantly higher cover of *V. myrtillus* than the extensive treatment unit, and that could be related to the development of the tree layer.

The interpretation of the diversity and evenness indices and the diversity profile for site Bjurholm is that the diversity and evenness for the field layer decreased with increasing forest management intensity. Dominance in the field layer for site Bjurholm increased with increasing forest management intensity. Diversity and evenness increased with increasing intensity at site Edefors. No clear patterns could be identified for site Harads with respect to the indices and diversity profiles.



## Inledning

Den produktiva skogsmarken utgör drygt hälften av Sveriges totala landareal (Skogsstyrelsen, 2013) och har många olika värden. Ett exempel är de sociala värdena som uppmärksammas allt mer på senare tid och har fått genomslag i media (Zaremba, 2012). I Sverige finns nationella miljömål där målet Levande skogar är det som riktar sig specifikt mot skogen och dess ekosystem. Inom ramarna för detta mål ryms bevarande av biologisk mångfald samt att värna de sociala värdena (Miljödepartementet, 2010). Skogarna som dominerar Norra Sverige har få trädarter (Esseen m.fl., 1997), därför är markvegetationens bidrag till den biologiska mångfalden stort jämfört med trädskiktets bidrag. Markvegetationen utgör dessutom en betydande del av den årliga biomassatillväxten i skogarna och kan vara lika hög som den hos trädskiktet (Nilsson & Wardle, 2005). Skogsbrukets intressen kan stå i konflikt med miljömålet och påverka skogen på ett annat sätt än vad naturliga störningsregimer kan åstadkomma. Det har också länge funnits ett intresse från skogsbrukets sida att intensifiera det svenska skogsbruket i syfte att öka skogens virkesproduktion. Utöver högre virkesproduktion finns ytterligare en högaktuell fördel som kan komma av ett intensivare skogsbruk, nämligen möjligheten att minska nettoutsläppen av kol (Poudel m.fl., 2012). Denna intensifiering går att möta genom olika produktionshöjande åtgärder där bättre förnygringar är en viktig del. Detta kan bland annat uppnås genom valet av markberedningstyp och ett bättre plantmaterial (Ståhl & Bergh, 2013). En ökad skogsskötselintensitet har inte bara effekt på trädens tillväxt, även markvegetationen kommer att påverkas då trädskiktet har ett dominerande inflytande på skogsekosystemets alla beståndsdelar (Kuuluvainen, 2002).

Markvegetationen som innefattar fält- och bottenkikt förändras med skogens succession eller ålder (Bråkenhielm & Persson, 1980, Hart & Chen, 2008, Pitkänen, 2000). Det är delvis en effekt av det minskade ljusinsläppet orsakat av att krontaket sluter sig (Nygaard & Ødegaard, 1999, Kimmins, 2004) samt att mindre nederbörd når marken (Anderson m.fl., 1969). Ökar barr- och lövmassan i trädskiktet blir det mer förna på marken vilket minskar mängden nederbörd som når markvegetationens rotsystem ytterligare (Anderson m.fl., 1969). Valet av trädslag vid förnygring av skogen påverkar förnafallet som kan öka med 15 % bara genom att anlägga ett bestånd med *Pinus contorta* Douglas ex Loudon istället för med *Pinus sylvestris* L. (Lundmark m.fl., 1982). Tillväxtökningen som förväntas av en intensivare skogsskötsel leder sannolikt till kortare omloppstider i den brukade skogen (Ståhl & Bergh, 2013). Det innebär att tidsfönstret under successionsförloppet då en art i markvegetationen har gynnsamma förutsättningar att leva också förändras. Sammantaget har en intensifiering av skogsskötseln potential att avsevärt förändra förutsättningarna för markvegetationens arter.

Efter nittiotvå procent av alla förnygringsavverkningar i Sverige utförs markberedning (Skogsstyrelsen, 2013). Markberedning syftar bland annat till att reducera markvegetationen och därmed minska dess konkurrens mot planterade trädplantor. Beroende på vilken markberedningsmetod som tillämpas varierar andelen markyta som påverkas av markberedningen. Vid harvning kan arealen som lämnas opåverkad av åtgärden vara mellan 48 - 56 % (Eriksson & Raunistola, 1990). Det medför att en stor del av markvegetationen mekaniskt rivs bort vilket missgynnar arter med svag spridningsförmåga, det gynnar istället arter med god spridningsförmåga som kan etablera sig i den konkurrensbefriade blottlagda mineraljorden (Delin, 1992). Det finns en rad studier som har behandlat kalavverkningens eller markberedningens effekter på markvegetation (Kardell & Eriksson, 2011, Pykälä, 2004, Man

m.fl., 2009), men när det gäller hur en intensivare skogsskötsel totalt sett kan komma att påverka markvegetationen råder kunskapsbrist.

Mellan 1984 - 1988 anlades en landsomfattande försöksserie med målet att undersöka hur olika skogsskötselintensiteter vid främst föryngrings- och ungskogsfasen påverkar den framtida virkesproduktionen i bestånden. Spännvidden i intensitet var från ett rent exploaterande skogsbruk utan föryngringsåtgärder till ett intensivt där markberedning och val av plantmaterial var de huvudsakliga intensitetshöjande åtgärderna (Sjögren & Näslund, 1996). Försöksserien har inventerats 1991 och 2001 med avseende på trädskiktet där höjd och diameter i medeltal visat sig vara avtagande med minskande skogsskötselintensitet (Elfving, 2010). En inventering av trädskiktet genomfördes även 2011, från den inventeringen finns bestandsvariabler som är intressanta att koppla till markvegetationens utveckling. Försöksserien lämpar sig för undersökningar av andra skogliga komponenter då den i stort sett är väldokumenterad och unik i sitt slag och nästan 30 år har gått sedan det anlades.

## **Syfte**

Ur försöksserien med skogsskötselintensitet som anlades för ungefär 30 år sedan har jag valt att fokusera på tre block belägna i Norr- och Västerbotten. Med utgångspunkt från de tre blocken ska jag studera hur tre olika nivåer av skogsskötselintensitet har inverkat på den artsammansättning fältskiktsvegetation har sommaren 2013. Främst handlar det om att finna samband mellan fältskiktsvegetationen och skogsskötselåtgärder som är utförda vid bestandsanläggning, det vill säga markberedning och trädslagsval vid plantering. Jag kommer även att använda mig av uppgifter om trädskiktet från sommaren 2011 för att identifiera samband med dessa uppgifter och fältskiktets artsammansättning.

## **Mina hypoteser**

Skogsskötselintensitetens nivå påverkar fältskiktets artsammansättning. Det grundar jag på att skogsskötselintensitet har stor betydelse för trädskiktets utveckling. Då trädskiktet har ett stort inflytande på hela skogens ekosystem påverkar det också fältskiktsvegetationen. Mer specifikt förväntar jag mig att åtgärder (markberedning och trädslagsval vid plantering) förknippade med en viss skogsskötselintensitet ska ge utslag. Markberedning påverkar markvegetationen kraftigt, vilket jag tror kommer att leda till ett högre artantal i fältskiktet. Trädslagsval vid plantering avgör till stor del vilket som kommer att bli huvudträdslaget i framtiden, detta förväntar jag mig ska påverka fältskiktets artsammansättning då bland annat trädslagets tillväxt skiljer sig åt.

Jag förväntar mig att fältskiktets egenskaper kan sättas i samband med bestandsvariablerna stamtäthet och volym stående skog. Ökar dessa bestandsvariabler blir mindre ljus tillgängligt vilket jag tror kommer minska fältskiktets totala täckning och förändra artantalet.

Diversitet, dominans och jämnhet i fältskiktsvegetationen förväntar jag mig ska skilja sig mellan behandlingarna inom blocken beroende på nivån på skogsskötselintensiteten.

## Frågeställningar

Finns det ett tydligt samband mellan skogsskötselintensiteten nivå och fältskiktets artsammansättning?

Hur påverkar markberedning antalet fältskiktsarter?

Hur påverkar huvudträdslaget fältskiktets artantal och täckningsgrad?

Hur ser sambandet ut mellan beståndsvariabler och fältskiktets artantal och täckningsgrad?

Skiljer sig behandlingarna inom blocken åt med avseende på diversitet, dominans och jämnhet i fältskiktsvegetationen?

# Material och metoder

## Översiktlig beskrivning av försöksserien

Med syfte att studera effekten av olika skogsskötselintensiteter (från beståndsanläggning och framåt) på virkesproduktion anlades en landsomfattande försöksserie mellan åren 1984-1988. Försöket initierades då man ville veta vilka effekter som sammantaget skulle kunna erhållas av olika skogsskötselåtgärder på virkesproduktionen. Innan dess fanns försök som påvisade resultat av enskilda åtgärder såsom förbandsval och gallringsprogram men, de totala konsekvenserna av olika skogsskötselintensiteter var inte undersökt. För att komma tillrätta med denna brist anlades detta försök.

Försöket består av 15 block spridda över Sverige (Sjögren & Näslund, 1996). Tre behandlingar utlottades inom varje block på tre jämförbara ytor om ungefär en hektar vardera. Inom behandlingsytorna upprättades sedan nio permanenta cirkelprovytor med radien 5,64 m som har använts vid inventering innan ytorna slutavverkades och direkt efter försöksanläggning samt 1991 och 2001.

Nedan följer en översiktlig beskrivning av de tre olika behandlingarna med utgångspunkt från Sjögren & Näslund (1996).

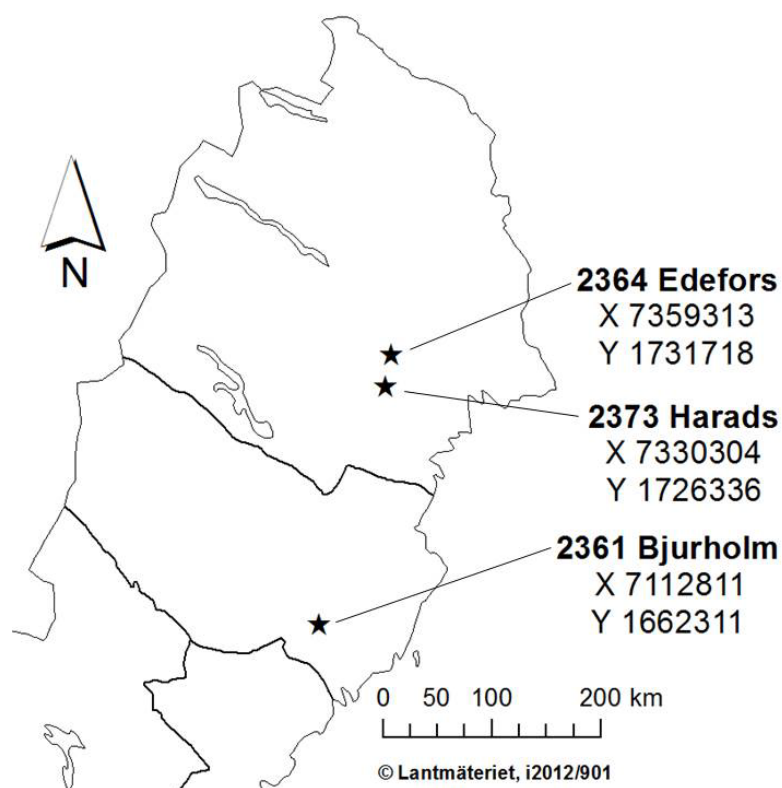
- Extensiv motsvarar behandling med den lägsta skogsskötselintensiteten och visar resultatet av ett exploaterande skogsbruk där det slutavverkade hygget lämnades helt utan några förnygringsåtgärder.
- Normal representerar den skogsskötselintensitet som var aktuell i storskogsbruket under försöksperioden. Det vill säga att behandlingsytan sköts av markägaren själv som om denne inte kände till försöket.
- Intensiv syftar till att visa resultatet av en högre ambitionsnivå än vad som kan anses vara normalt i skogsbruket vid den tiden. I de flesta fall speglas detta i förnygringsarbetet av tidig markberedning, stora vitala plantor samt hjälpplantering.

Mer och utförligare beskrivning av försöket finns att tillgå i Sjögren & Näslund (1996) och Elfving (2010).

Blocken i min studie inventerades med avseende på trädskiktet under 2011 av Vindelns Försöksparker, Enheten för Skoglig Fältforskning vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Då användes fem av de permanenta cirkelprovytorna men med radien 10 m istället för som tidigare 5,64 m. Systematiskt valdes cirkelprovytorna ett, tre, fem, sju och nio från de ursprungliga nio ytorna. Uppgifter från 2011 års inventering har varit en viktig grund för diskussionen samt i regressionsanalyserna som jag har gjort. Uppgifter från nämnda inventering som jag har redovisat i min studie baseras på träd med en höjd över 1,3 m, för vidare läsning om denna inventering se Ulvcróna m.fl. (manuscript).

## Försöksblocken i min studie

Jag ville studera effekterna av skogsskötselintensitet i norra Sverige och valde därför ut de tre nordligaste blocken i försöksserien (figur 1). Dessa var försöksblocken 2361 Bjurholm, 2364 Edefors och 2373 Harads. Dessa block ansågs vara intakta enligt en inspektion av blocken som utfördes sommaren 2009 (Elfving, 2010). Beskrivningarna av blocken som följer nedan lider av att dokumentationen från försöksutläggningen är något mindre omfattande för normal behandling än för intensiv behandling.



Figur 1. Geografisk placering av försöksblocken i Sverige. GPS koordinater anges i referenssystemet RT90.

*Figure 1. Geographic location of study sites in Sweden. GPS coordinates are given in the coordinate system RT90.*

Bjurholm 2361 (bild 1) i Västerbottens län ligger på en höjd (250 möh) och är beläget på någorlunda plan mark. Jag observerade att den extensiva behandlingen var i stort sett helt plan till skillnad mot de två andra behandlingarna som var belägna på svagt sluttande mark. När försöket anlades var SI (ståndortsindex) för blocket T20, vid den senaste inventering 2011 var det mellan T18-21 (tabell 1). Vid mätningar gjorda 2001 var höjdutvecklingen lika för normal och intensiv men med högre grundyta på intensiv behandling (Elfving, 2010). Utvecklingen från 2001 till 2011 har varit gynnsammare för normal behandling med avseende på volym och

grundyta än för de två andra behandlingarna i blocket (tabell 1). Extensivbehandlingen ligger långt efter i beståndsutveckling. Min uppfattning är att den yta i blocket där extensiv behandling har tillämpats är mer heterogen fuktighetsmässigt än de andra två behandlingsytorna. Den extensiva behandlingsytan är grovt uppdelad i en fuktig och en torr del medan övriga två behandlingarna i stort sett är av frisk typ, små kilar av fuktigare yta finns inom normal och intensiv men inte jämförelsevis lika mycket som i den extensiva behandlingsytan. Detta medför att jämförelser som involverar extensiv behandling mot de andra två bör göras med denna skillnad i beaktande. Intensivbehandlingsytan planterades ursprungligen med *P. sylvestris* men har efter uppfrysning av plantor hjälpplanterats med *P. contorta*. Vid den senaste inventeringen (2011) var fördelningen mellan dessa två trädslag mycket lika med avseende på stamantal. Blockets alla behandlingsytor är röjda i början av 2000-talet (Elfving, 2010).



Bild 1. Extensiv behandlingsyta till vänster, normal i mitten och intensiv till höger i block 2361 Bjurholm.

*Picture 1. Extensiv treatment to the left, normal in the middle and intensiv to the right at site 2361 Bjurholm.*



Edefors 2364 (bild 2) i Norrbottens län är det block i min studie som överlag har lägst SI, volym och grundyta, dock är stamtätheten där överlägset högst (tabell 1). Så här långt uppvisar behandlingsytorna en gradient med avseende på ovan nämnda variabler (SI, volym och grundyta), lägst värden för extensiv, högre för normal och högst för intensiv behandling. Samtliga behandlingar är i stort sett helt dominerade av *P. sylvestris*. Blocket är beläget i anslutning till en höjd vilket gör att behandlingsytorna till stor del ligger längs med en västsluttning. Hela blocket har utsatts för omfattande betesskador och röjning har inte utförts i någon behandling, denna uppgift baseras på mitt fältbesök och har även konstateras av Elfving (2010). Den intensiva behandlingsytan skall enligt uppgift ha föryngrats utan någon markberedning (Sjögren & Näslund, 1996), säkra spår för att normal eller intensiv behandling skulle ha markberetts före planteringen fann jag inte vid fältbesöket. Blocket är bra för jämförelser mellan behandlingar då fuktighet, lutning, jordart och trädslag är lika mellan behandlingarna.



Bild 2. Extensiv behandlingsyta till vänster, normal i mitten och intensiv till höger i block 2364 Edefors.

*Picture 2. Extensiv treatment to the left, normal in the middle and intensiv to the right at site 2364 Edefors.*



Harads 2373 (bild 3) i Norrbottens län är det yngsta blocket i min studie. Ytan för den intensiva behandlingen planterades tre år senare än Bjurholm och Edefors. Det är beläget 260 meter över havet på en svag nordsluttning. Behandlingsytorna har sinsemellan utvecklats olika, 2001 var både grundyta och höjd högst på extensiv behandling och något högre värden för intensiv än normal behandlingsyta (Elfving, 2010). Tio år senare har det skiftat, lägst volym, stamanatal och grundyta återfinns på den extensiva behandlingen och högst med knapp marginal på normal behandling (tabell 1). Jag har varken funnit dokumentation eller själv kunnat konstatera att röjning utförts inom blocket. Mitt intryck från fältbesöket är att ytorna för respektive behandling är homogena med avseende på fuktighet, lutning, jordart och exposition. Här bedömer jag att goda förutsättningar finns för att studera de olika behandlingarnas effekt på markvegetation.



Bild 3. Extensiv behandlingsyta till vänster, normal i mitten och intensiv till höger i block 2373 Harads.

*Picture 3. Extensiv treatment to the left, normal in the middle and intensiv to the right at site 2373 Harads.*



Tabell 1. Ståndortsvariabler för blocken i min studie vid försöksutläggningen samt beståndsdata för alla behandlingsytorna från inventeringen 2011.

*Table 1. Site variables for the study sites at experiment layout, and site data from an inventory in 2011.*

	Bjurholm			Edefors			Harads		
Fuktighet <sup>1</sup>	Frisk			Frisk			Frisk		
Jordart <sup>1</sup>	Morän			Morän			Morän		
Höh <sup>1</sup> (m)	250			170			260		
SI <sup>1</sup> (före)	T20			T16			T18		
	<i>extensiv</i>	<i>normal</i>	<i>intensiv</i>	<i>extensiv</i>	<i>normal</i>	<i>intensiv</i>	<i>extensiv</i>	<i>normal</i>	<i>intensiv</i>
Mb <sup>1</sup>	ingen	Harv <sup>4</sup>	hög	ingen	u.s	ingen	ingen	Harv <sup>5</sup>	ingen
Pl år <sup>1</sup>	-	1985 <sup>4</sup>	1984	-	u.s	1984	-	u.s	1987
Ålder <sup>2</sup>	-	28	29	-	u.s	29	-	u.s	26
SI <sup>2</sup> (2011)	18	21	19	17	18	19	21	21	19
Volym <sup>3</sup>	2,7	85,5	54,3	7,3	13,1	22,3	21	30,9	30,2
Stammar <sup>3</sup>	1510	2567	2631	3828	5694	8834	2592	2943	3401
Grundyta <sup>3</sup>	1	16,1	13,3	2,5	4,3	7	6,5	8,8	8,5
Trädslag <sup>3</sup>	P.a.	P.c.	P.c.	P.s.	P.s.	P.s.	P.s.	P.s.	P.c.

Trädslag avser huvudträdslag, *Picea abies* (P.a.), *Pinus contorta* (P.c.), *Pinus sylvestris* (P.s.). SI = ståndortsindex för H<sub>100</sub> vid inventeringen när försöket anlades (SI (före)) och 2011 (SI (2011)). Volym är angivet i m<sup>3</sup>sk ha<sup>-1</sup> och med stammar avses stammar ha<sup>-1</sup>. Pl = planteringsår. MB = markberedning, hög = högläggning, harv = harvning. Höh = höjd över havet. 1 = Sjögren & Näslund (1996). 2 = Ålder avser planteringsår till 2013. 3 = Data från 2011 års inventering (Slu, 2011). 4 = Ulvcrona m.fl. (manuscript). 5 egen observation. u.s = uppgift saknas.

*Trädslag refers to main tree species, Picea abies (P.a.), Pinus contorta (P.c.), Pinus sylvestris (P.s.). SI = site index at H<sub>100</sub> from inventory before treatments were applied (SI (före)) and from 2011 (SI (2011)). The unit for volume is m<sup>3</sup>sk ha<sup>-1</sup> and stammar refers to number of stems ha<sup>-1</sup>. Pl = planting year. MB = ground scarification, hög = mounding, harv = harrow. Höh = elevation. 1 = Sjögren & Näslund (1996). 2 = Ålder refers to planting year until 2013. 3 = Data from inventory carried out in 2011 (Slu, 2011). 4 = Ulvcrona m.fl. (manuscript). 5 own observation. u.s = missing data.*

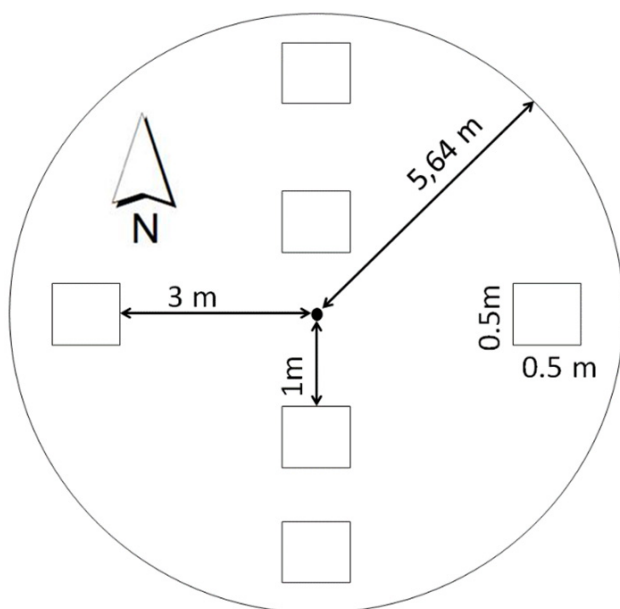
## Fältinventeringar

Jag hade inte besökt något av blocken innan fältarbetet genomfördes i månadsskiftet Juni och Juli 2013. Dokumentation och kartmaterial fanns att tillgå från tidigare inventeringar vilket i kombination med väl markerade gränser för respektive behandlingsyta och centrum för de fasta cirkelprovytorna gjorde orienteringen lätt.

Inom varje behandlingsyta användes de fem befintliga provytorna med radien 5,64 m (100 m<sup>2</sup>), samma som användes vid inventeringen av trädskiktet 2011. Eftersom jag använde befintliga cirkelprovytor kan jag korrelera trädskiktets variabler från 2011 med vegetationen på cirkelprovytenivå.

Inom cirkelprovytan inventerade jag antalet arter i fältskiktet. I varje cirkelprovyta inventerade jag sex smårutor med storleken 0.5 x 0.5 m (0.25 m<sup>2</sup>), dessa var systematiskt utlagda enligt illustration i figur 2. För att avgränsa smårutorna vid avläsning användes en aluminiumram. Det

totala antalet smårutor inom en behandlingsyta blev 30 stycken ( $6 \times 5=30$ ). I de fall där smårutorna inte kunde placeras på ordinarie plats flyttades dessa i första hand 1 m åt öster.



Figur 2. Illustration av smårutornas placering inom cirkelprovyta som användes vid inventeringen.  
Figure 2. Illustration of inventory squares position within circular plots used in the inventory.

I smårutorna bedömdes först den totala täckningsgraden för fält- respektive bottenskikt vilket är att föredra framför att addera arters täckningsgrad inom respektive skikt för att erhålla total täckningsgrad. Detta gäller om arterna som adderas överlappar varandra, i ett sådant fall erhålls inte ett mått på hur stor andel av en yta som är täckt med vegetation (Wilson, 2011). Därefter bedömdes täckningsgrad för enskilda arter. I fältskiktet bestämdes alla enskilda växtindivider till art undantaget för *Hieracium* L. sect. *Hieracium* som bestämdes till sektion. Inventeringen av bottenskiktet var mer av beskrivande karaktär, alla arter ingick i bedömningen av total täckningsgrad men endast nio taxa bestämdes till art och fem taxa till släkte (listas i bilaga 4). Valet att begränsa inventeringen av bottenskiktet grundar sig i att syftet med arbetet har fokus på fältskiktet, samt att en total inventering av bottenskiktet hade tagit alltför mycket tid.

Med täckningsgrad avses den del av provytan som upptas av en arts vertikala projektion över markytan (Hägglund & Lundmark, 1999, Ekstam, 1996) vilket således medför att summan av alla arters täckningsgrad inom en småruta kan överstiga 100 % då flera arter kan överlappa varandra. Strikt täckning bedömdes, vilket innebär att endast partier inom en växtindivid som är täckta av blad, grenar eller stam räknas (Esseen m.fl., 2009). Avvikande mark inom en småruta räknades inte bort. Täckningsgraden inventerades till hela procentenheter (1-100) för vardera av de närvarande arterna eller släktena. För observationer under 0,5 % gjordes en notering, dessa har sedan i databehandlingen getts värdet 0,5 %.

För nomenklaturen har jag utgått ifrån följande litteratur:

- Svensk flora, Fanerogamer och ormbunksväxter (Krok & Almquist, 2001)
- Lavar: en fälthandbok (Moberg & Holmåsén, 1990)
- Mossor: en fälthandbok (Hallingbäck & Holmåsén, 1985)

## **Statistiska tester**

För att testa om statistiskt signifikanta skillnader fanns i täckningsgrad mellan behandlingsytorna inom blocken användes i första hand One-way ANOVA (analysis of variance). Testet kompletterades med post-hoc testet Tukey HSD (honestly significant difference) för att testa vilka behandlingsytor som skiljde sig åt. För att en arts täckningsgrad skulle kunna testas enligt ovan var den tvungen att klara Levene's test för homogen varians. När variansen inte var homogen användes Welch och Brown-Forsythe test istället för One-way ANOVA och post-hoc testet Tamhane T2 istället för Tukey HSB. Alpha var i samtliga fall satt till 0,05. Dessa tester utfördes med programvaran SPSS 19. För att inte bryta mot antagandet om att värden som används i ANOVA skall vara oberoende så användes medelvärdet för respektive cirkelprovyta, det vill säga medelvärdet av täckningsgraden i de sex smårutorna inom respektive cirkelprovyta. Detta för att smårutorna enskilt kan anses vara beroende av varandra då de är spatialt nära varandra (figur 2). Antagandet om cirkelprovyternas oberoende grundar sig i att de är systematiskt utlagda med ett avstånd mellan deras centrum på 36 - 42 meter. Dessutom är behandlingsytorna stora, omkring en hektar inom vilket en naturlig variation finns. Detta sätt att använda cirkelprovyternas medelvärden och inte medelvärde för varje behandlingsyta medför att pseudoreplikation är ett problem om man strikt vill testa olika behandlingar mot varandra (Hurlbert, 1984), risken är då att man förkastar nollhypotesen för ofta. Då jag får utgå från det befintliga försöket och dess begränsningar så har jag valt att betrakta varje block för sig och att de fasta cirkelprovyterna motsvarar upprepningar av behandlingen. Detta förfarande ger fem upprepningar per behandlingsyta.

Linjär regressionsanalys där antalet fältskiktsarter och inmätt stående volym skog 2011 per cirkelprovyta ingick gjordes med hjälp av Minitab 16 Statistical software. Stamantal mot total täckning i fältskiktet gjordes på samma vis, däremot användes en kvadratisk modell för stamantal mot total täckning i botten-skiktet. Valet av modell för regressionen överlämnades åt programvaran som använde den av linjär, kvadratisk eller kubisk modell som beskrev regressionen bäst. I block Bjurholm saknades uppgift om volym för en cirkelprovyta i extensiv behandling vilket medförde att den fick tas bort innan regressionen kördes.

## **Diversitetsmått**

Diversitets-, jämnhets- och dominansindex kan användas för att väga samman data till ett värde som blir mer lättöverskådligt. Mångfald behöver inte vara angreppspunkten utan de kan användas för att studera hur växtsamhällena är strukturerade, vilket har varit mitt mål.

De index jag använt mig av togs fram med hjälp av programvaran PAST 3.0 förutom  $E_{var}$  som beräknades i Microsoft Excel. Jag har valt att använda mig av fem index för att de har olika egenskaper och kan komplettera varandra. En kort beskrivning av vardera index följer nedan.

Berger-Parker  $d$  är ett index som viktas mot abundansen av den vanligaste arten, dvs det belyser huruvida en art är väldigt dominant eller ej. Indexet beräknas genom formeln nedan, där  $N_{max}$  är täckningsgraden av den mest dominanta arten och  $N$  är total täckningsgraden av samtliga arter. Detta leder till att ett högre värde innebär ökad dominans av en art. Tanken med indexet är att om en art tenderar att dominera så är diversiteten sannolikt lägre och det motsatta att hög diversitet kan speglas av låg dominans av en art (Stiling, 2002). Berger-Parker är oberoende av artantalet men inte av provstorleken (Magurran, 1991).

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

Shannon's diversitetsindex  $H'$  är från grunden ett informationsteoriindex som kvantifierar osäkerheten i att förutse vilken art som väljs i ett slumpmässigt urval ur ett dataset. Högre osäkerhet ger högre värde på indexet och därmed högre diversitet. Värdet på  $H'$  faller oftast mellan 1.5 och 3.5. Styrkan med  $H'$  är att det tar hänsyn till både artantal och täckningsgrad samt att även sparsamt förekommande arter bidrar till värdet på  $H'$ .  $H'$  påverkas inte av att täckningsgraden av arter förändras givet att proportionerna är desamma (Stiling, 2002). Beräkningen av  $H'$  ges nedan, där  $p_i$  är andelen för respektive art och  $\ln$  är den naturliga logaritmen.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Brillouin index  $H_b$  är liksom  $H'$  ett informationsteoriindex.  $H_b$  behandlar inte arters abundans på samma sätt som  $H'$ , det innebär att likadana artsamhällen får olika värden beroende på täckningsgraden. Det vill säga att indexet visar högre värde om det finns fler individer av varje art vid lika proportion. Formeln för  $H_b$  ges nedan där  $N$  är total täckning av alla arter,  $n_i$  är täckningsgrad för art  $i$ . Utropstecken (!) innebär att  $N$  eller  $n_i$  är faktoriell, dvs om  $N$  exempelvis är 5 är  $N! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120$  (Stiling, 2002).

$$H_b = \frac{\ln(N!) - \sum \ln(n_i!)}{N}$$

Jämnhetsindexet  $E_{var}$  föreslogs av Smith & Wilson (1996) och är baserat på variansen i abundans (täckningsgrad) för arterna. Indexet är inte beroende av enheten som används för abundans. Spannet på indexets värde är mellan noll och ett, där noll representerar minst jämnhet och ett den maximala.  $E_{var}$  påverkas inte av antalet arter vilket är viktigt när jämnheten mellan arter är viktigast. En egenhet med  $E_{var}$  är att när arters abundans har en mycket sned fördelning, då kan

indexets värde visa högre värden än väntat. I formeln för  $E_{var}$  nedan så representerar  $S$  antal arter i stickprovet och  $x_s$  är abundansen för art  $s$ .

$$E_{var} = 1 - 2/\pi \arctan \left\{ \sum_{s=1}^S \left( \ln(x_s) - \sum_{t=1}^S \ln(x_t) / S \right)^2 / S \right\}$$

Equitability  $J$  är ett jämnhetsindex som bygger på  $H'$  (Shannon's diversitetsindex) och artantal  $S$ .  $\ln S = H_{\max}$  vilket är värdet på indexet när alla arter i samplet har samma förekomst. Så  $J$  är förhållandet mellan observerad diversitet och maximal diversitet som kan användas som ett mått på jämnhet.  $J$  är ett värde mellan noll och ett där ett motsvarar en situation där alla arter har samma förekomst (Magurran, 1991). Värdet på  $J$  påverkas dock av antalet arter, främst när antalet arter är lågt är effekten störst (Smith & Wilson, 1996). Det är en nackdel om antalet arter påverkar värdet när jämnheten mellan arter studeras.

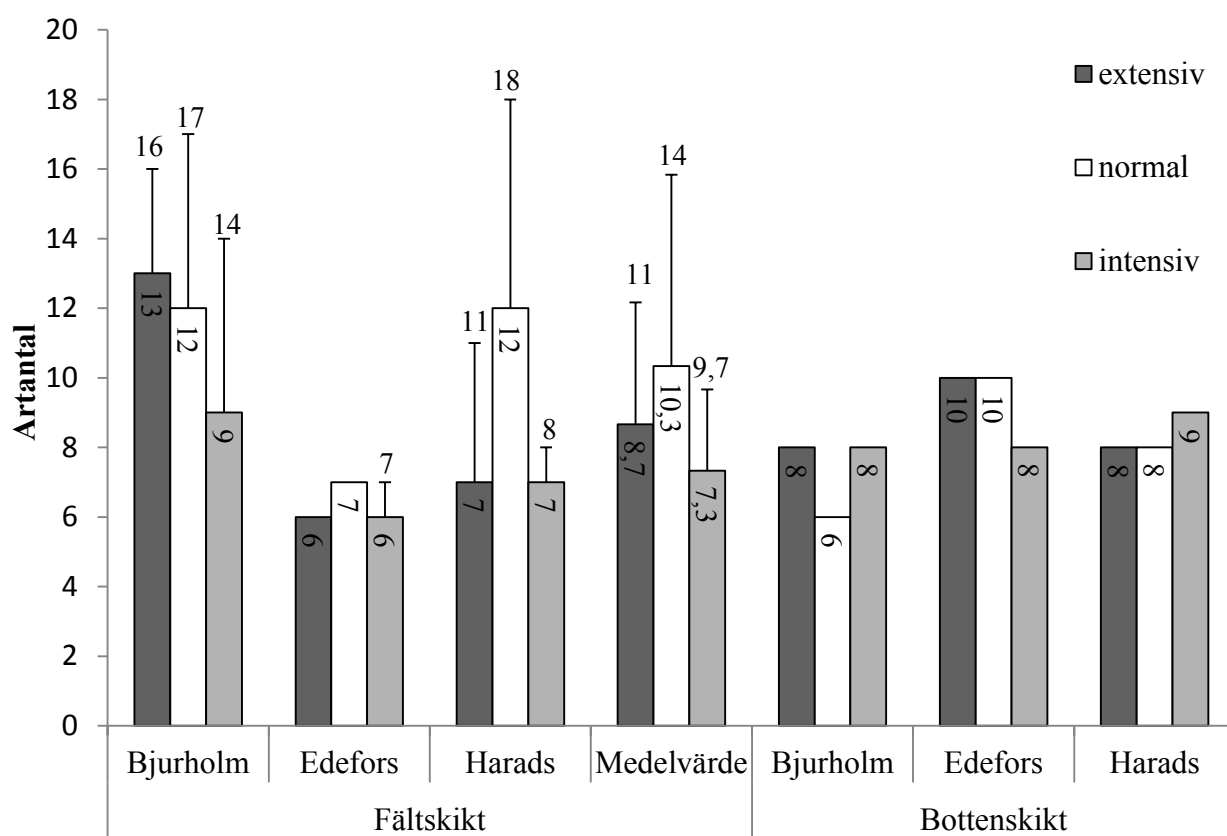
$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

I syfte att illustrera variationen för respektive index förutom  $E_{var}$  togs approximativa 95 % konfidensintervall fram (Øyvind, 2013) via ett bootstrap förfarande i PAST 3.0 med 9999 slumpmässiga stickprov.

För att lättare illustrera och analysera diversitet togs diversitetsprofiler fram. Dessa ger information om artrikedom och jämnhet i provet och är mer lättanvända för att sortera prover med avseende på diversitet än rank-abundanskurvor. Däremot ger diversitetsprofiler ingen information om proportionerna av varje art inom provet (Kindt & Coe, 2005). Datorprogrammet PAST 3.0 har använts för att ta fram profilerna. I programvaran används det så kallade exponentiella Renyiindexet som beror på parametern  $\alpha$ . När  $\alpha = 0$  ger indexet antalet arter och vid  $\alpha = 1$  ger det ett index proportionellt till Shannon's index. Vidare ger  $\alpha = 2$  ett index som är likt Simpson's jämnhetsindex (Øyvind, 2013). Utifrån kurvorna i diversitetsprofilen kan man sortera proverna med avseende på diversitet, detta utläses enkelt ur profilen på så sätt att den kurvan som visar högst värden över  $\alpha$ -intervallet (hela kurvan) är det provet med högst diversitet och sedan sorteras underliggande kurvor i fallande diversitet. Kurvor som korsar varandra är ej jämförbara, vilket innebär att det finns två diversitetsindex som rankar proven olika (Tóthmérész, 1995).

## Resultat

Antalet fältskiktsarter varierar en del men det var generellt ganska få arter inom smårutorna. I block Edefors fångade smårutorna upp alla arter i fältskikt förutom en som tillkom via inventering av cirkelprovytan (figur 3). I både Bjurholm och Harads ökar antalet arter med upp till sex stycken när arter inom cirkelprovytan räknas med och inte bara arter som förekommer i smårutorna. Högst artantal med cirkelprovytorna inräknat finns inom yta med normal behandling inom alla block, i block Edefors har dock intensiv behandling lika många arter som normal. Normal behandling har högst artantal i fältskiktet följt av den extensiva när medelvärdet för alla block beaktas (figur 3). Antalet arter i bottenskiktet uppvisar inte några stora skillnader inom blocken (figur 3), största differensen är två arter mellan högst och lägst artantal inom ett block. Understrykas bör att bottenskiktet inte har varit mål för inventeringen och att alla taxa inom bottenskiktet inte är inventerat till art.



Figur 3. Artantal per behandlingsyta fördelat på fältskikt och bottenskikt för respektive block samt medelvärde för fältskiktet. Antalet arter funna inom smårutor är angivet i staplarna, antalet arter funna i fältskiktet inom cirkelprovytor anges ovan staplar för fältskiktet. För bottenskikt är både arter och släkten medräknade i staplarna.  
 Figure 3. Number of species in each treatment unit for the field layer and bottom layer for each study site and the average for the field layer. Species found within squares are represented by the bars, error bars represent the number of field layer species found within circular plots. Both species and genus are included in the numbers for the bottom layer.

Tabell 2. Resultat från de statistiska testerna av täckningsgrad mellan behandlingsytor inom blocken. Endast resultat som uppvisar statistisk signifikans ( $p < 0,05$ ) redovisas.

Table 2. Results from the statistic tests of coverage between treatment units within sites. Results that show statistical significance ( $p < 0,05$ ) are presented.

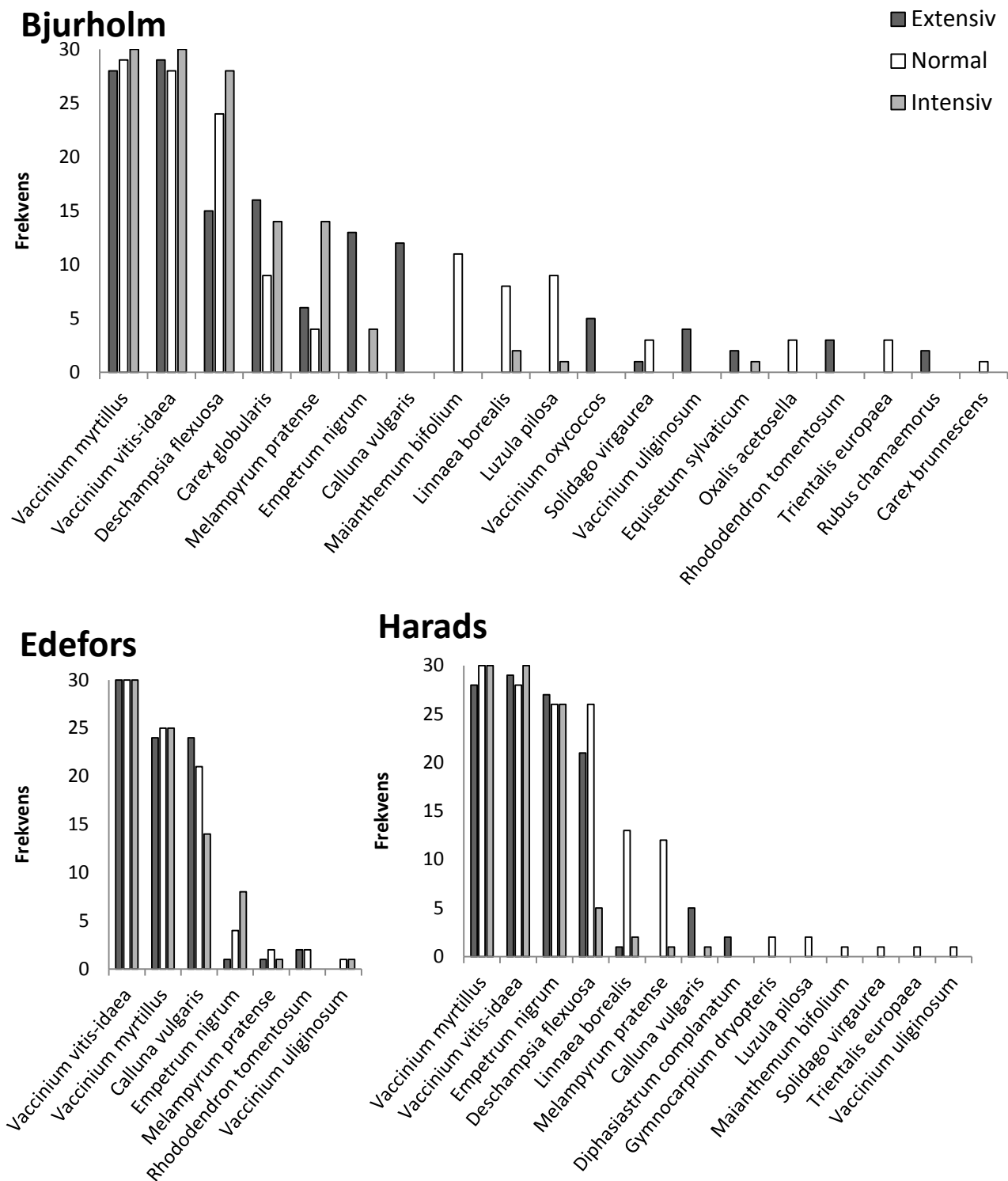
Block		Test	Tukey HSD <sup>1</sup>	Tamhane T2 <sup>1</sup>
<b>Bjurholm</b>	Vaccinium myrtillus	One-way ANOVA = $F(2,12) = 9.029$ , $p = 0.004$	A, B, B	
	Vaccinium vitis-idaea	One-way ANOVA = $F(2,12) = 4.378$ , $p = 0.037$	AB, A, B	
	Polytrichum ssp.	Welch = $F(2,5.419) = 11.400$ , $p = 0.011$	}	AB, A, B
		Brown-Forsythe = $F(2,7.335) = 5.587$ , $p = 0.034$		
<b>Edefors</b>	Vaccinium vitis-idaea	One-way ANOVA = $F(2,12) = 3.955$ , $p = 0.048$	A, A, A	
<b>Harads</b>	Vaccinium myrtillus	One-way ANOVA = $F(2,12) = 8.624$ , $p = 0.005$	A, B, B	
	Pleurozium schreberi	One-way ANOVA = $F(2,12) = 3.929$ , $p = 0.049$	B, A, AB	
	Fältskiktets totala täckning	Welch = $F(2,6.636) = 11.069$ , $p = 0.008$	}	A, B, A
		Brown-Forsythe = $F(2,8.572) = 7.953$ , $p = 0.011$		

1 = Olika bokstäver för Tukey HSD och Tamhane T2 visar vilka behandlingsytor som skiljer sig statistiskt signifikant från varandra, de redovisas i ordningen: extensiv, normal och intensiv behandlingsyta.

1 = Different letters for Tukey HSD and Tamhane T2 shows which treatment unit that differs with statistical significance from each other, they are presented in the order: extensiv, normal and intensiv treatment units.

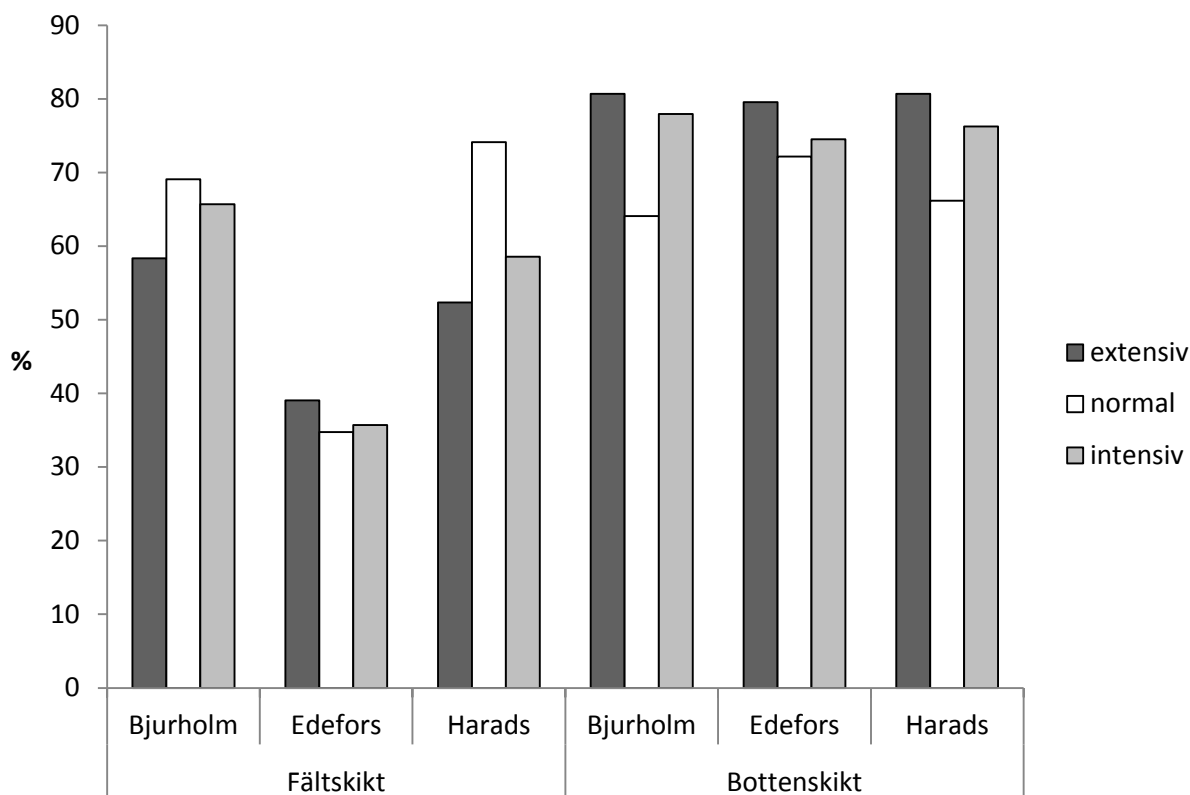
*Vaccinium myrtillus* L. och *Vaccinium vitis-idaea* L. är de två arter med högst frekvens inom samtliga tre block (figur 4). I block Bjurholm och Harads har *V. myrtillus* statistiskt signifikant lägst täckningsgrad i extensiv behandlingsyta (tabell 2). Ser man till de fem mest frekventa arterna i respektive block så finns arterna representerade inom alla behandlingsytor i respektive block. Arter som inte tillhör de fem mest frekventa saknas alltid inom minst en behandlingsyta (figur 4). Frekvensen för *Calluna vulgaris* (L.) Hull i block Edefors avtar med ökande skogsskötselintensitet, motsatta förhållandet gäller för *Empetrum nigrum* L. i samma block (figur 4). Motsvarande mönster finns även för dessa arters täckningsgrad (bilaga 2).

Fältskiktets totala täckningsgrad var hög (52 - 74%) i blocken Bjurholm och Harads medan block Edefors hade betydligt lägre (34 - 39) (figur 5). I block Edefors där den totala täckningsgraden är lägst bland blocken är den totala täckningsgraden högst på extensiv behandlingsyta följt av den intensiva, men skillnaderna är små. Block Bjurholm och Harads har båda samma trend vad gäller fältskiktets totala täckning, högst täckning har normal behandlingsyta följt av den intensiva och lägst har den extensiva (figur 5). För block Harads är även fältskiktets totala täckning statistiskt signifikant högre för normal behandling än för övriga två (tabell 2). Inom blocken Bjurholm och Harads har den behandlingsyta med högst total täckning i fältskiktet lägst total täckning i bottenskiktet. Detta mönster återfinns inte i block Edefors (figur 5). I block Bjurholm och Harads ökar även fältskiktets totala täckning med ökande grundyta (se tabell 1 och figur 5).



Figur 4. Frekvens för arter i fältskiktet, baserat på förekomst i smårutor.  
 Figure 4. Frequency for species in the field layer, based on occurrence in inventory squares.

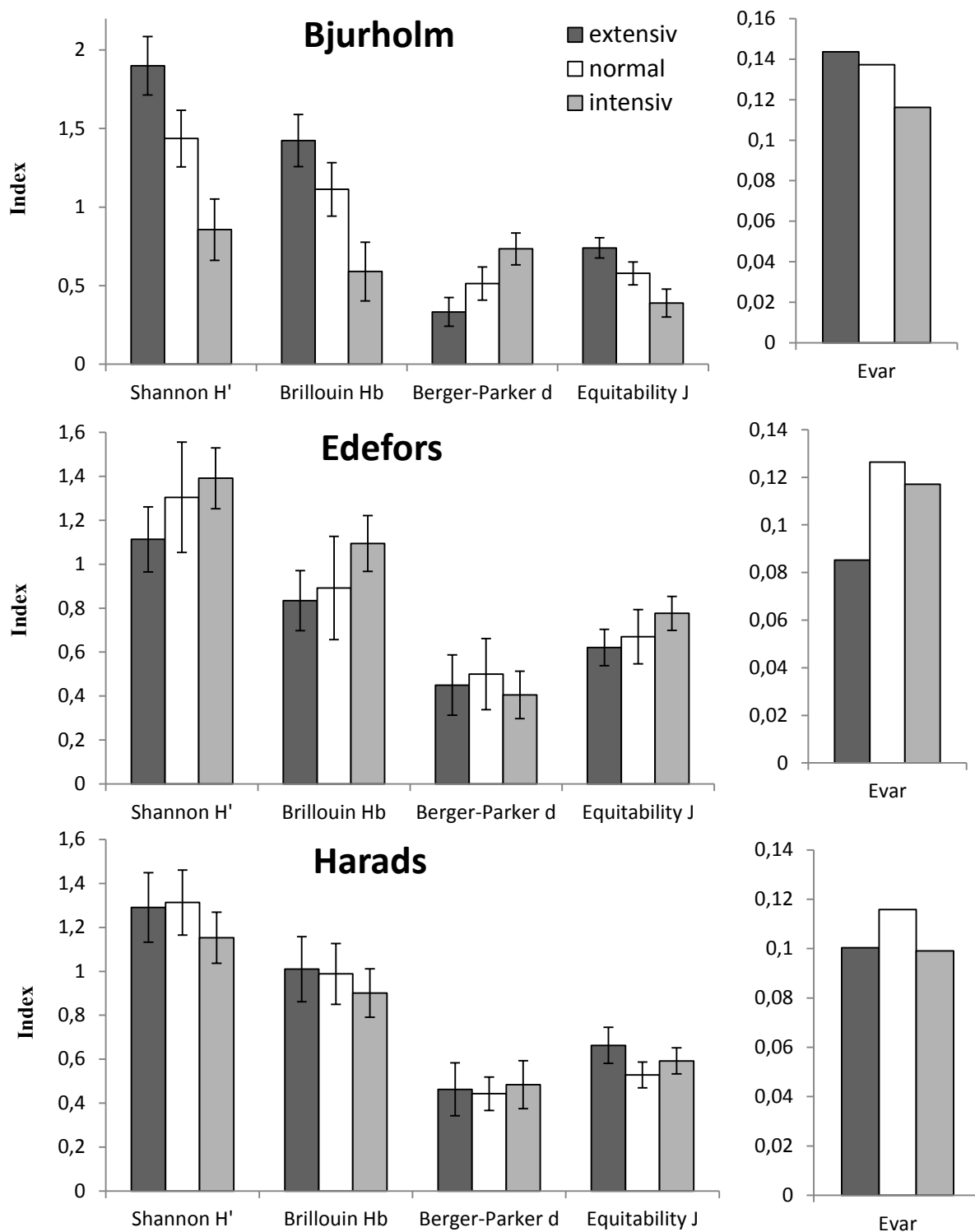




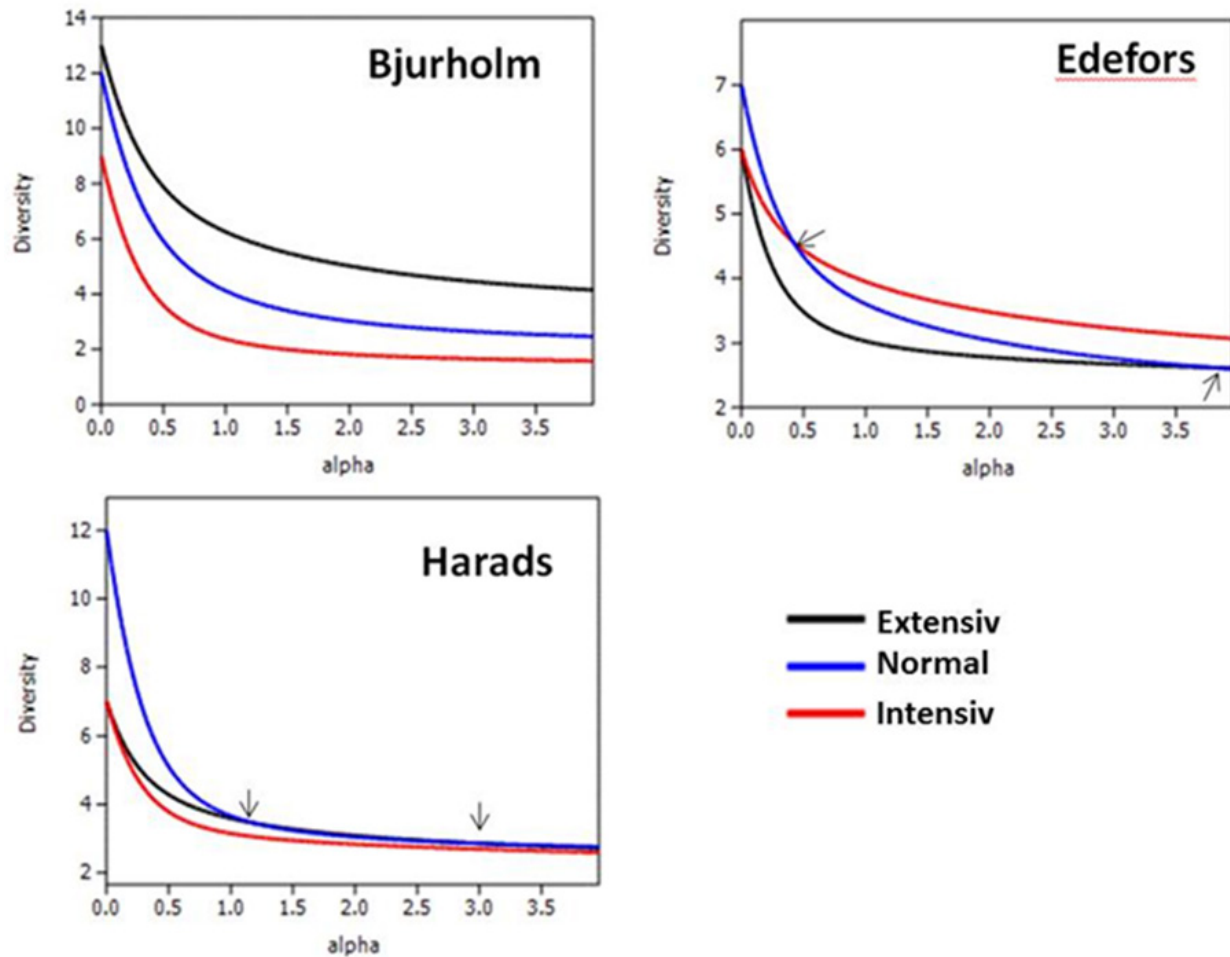
Figur 5. Total täckningsgrad för fält- och bottenskikt inom alla behandlingsytor. Staplarna visar medelvärde för respektive behandlingsyta.

*Figure 5. Total coverage of field layer and bottom layer for all treatment units. Bars represent average cover in each treatment unit.*

Resultaten från de index som finns presenterade i figur 6 utgår från fältskiktsarternas medeltäckningsgrad per cirkelprovyta. Block Bjurholm visar en enhetlig bild där diversitet och jämnhet är högst i extensiv behandling (högst indexvärden på Shannon ( $H'$ ), Brillouin ( $H_b$ ), Equitability ( $J$ ) och Evar). Lägst är diversiteten och jämnheten i intensiv behandling inom block Bjurholm (figur 6). Dominansen inom block Bjurholm är högst på intensiv behandling (högst värde på Berger-Parker index ( $d$ )) och lägst dominans på extensiv (lägst värde på  $d$ ) (figur 6). Block Edefors har ett motsatt mönster jämfört med Bjurholm med avseende på diversitet ( $H'$  och  $H_b$ ) och jämnhet ( $J$ ). För block Edefors var dominansen ( $d$ ) högst på normal behandlingsyta och lägst på den intensiva. Jämnhetsindexet  $E_{var}$  skiljer sig från  $J$  och anger normal behandlingsyta som den jämnaste följt av den intensiva behandlingsytan (figur 6) i block Edefors. Mer svårtolkat blir läget i block Harads där diversitetsindexen  $H'$  och  $H_b$  ger olika svar på frågan om extensiv eller normal behandlingsyta har högst diversitet, små skillnader i  $d$ ,  $J$  och  $E_{var}$  ger olika bilder av jämnheten i fältskiktet. Det dock inte sannolikt för block Harads och Edefors att skillnaderna är statistiskt signifikanta då skillnaderna är små och spridningen är stor mellan behandlingarna.



Figur 6. Diversitetsindexen Shannon H' och Brillouin Hb, jämnhetsindexen Equitability J och Evar samt dominansindexet Berger-Parker d per behandlingsyta för fältskiktet på respektive lokal. Y-axeln representerar indexvärde. De tunna strecken visar 95 % konfidensintervall från bootstrap procedur för alla index förutom Evar. *Figure 6. Diversity indices Shannon H' and Brillouin Hb, evenness indices Equitability J and Evar and dominance index Berger-Parker for the field layer in each treatment unit. Y-axis represent index value. Error bars show 95 % confidence limits from a bootstrap procedure for all indices except for Evar.*

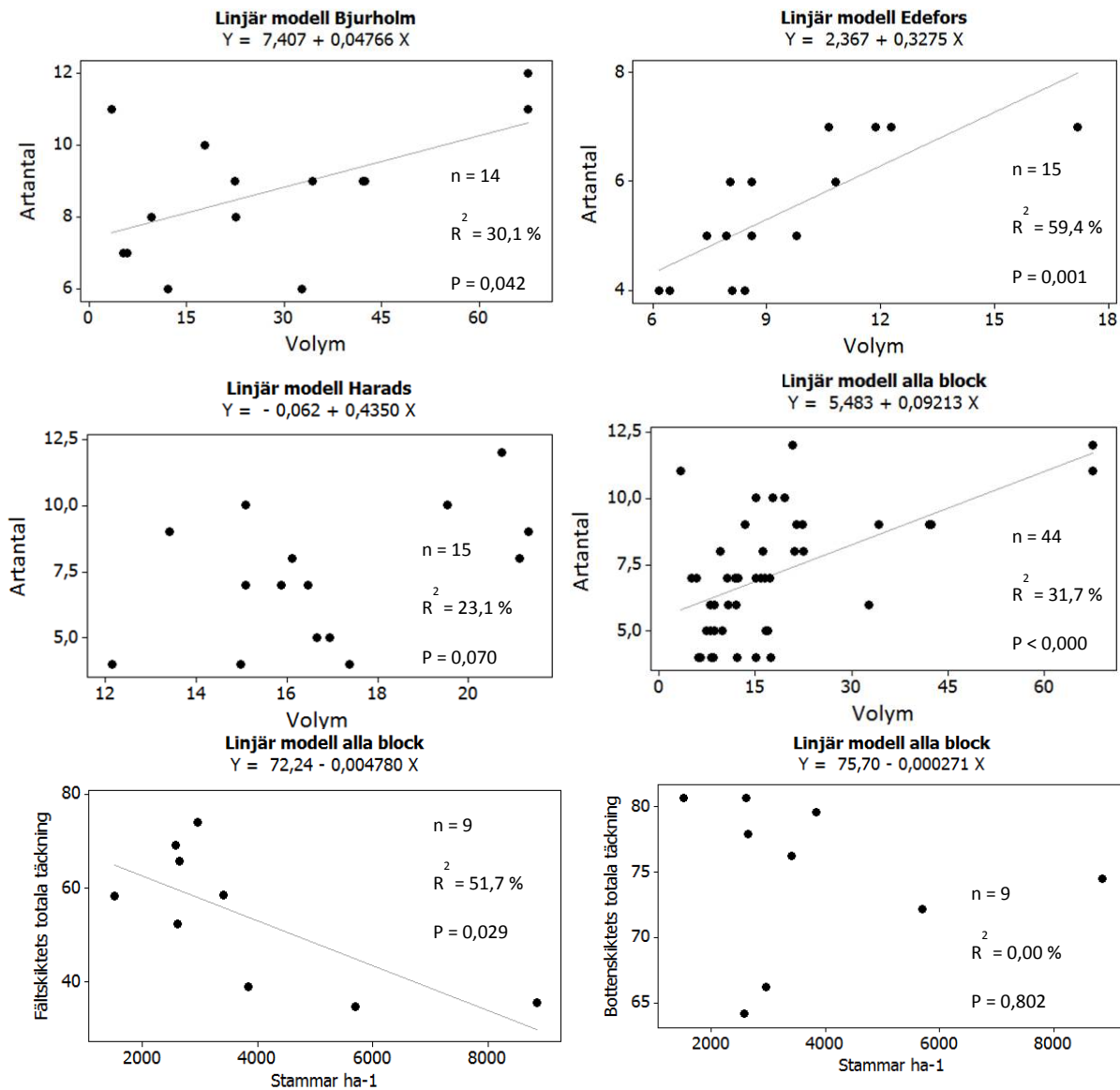


Figur 7. Diversitetsprofiler för fältskiktet på samtliga behandlingsytor inom de tre blocken. Pilar visar var kurvor korsar varandra och därmed ej är jämförbara.

Figure 7. Diversity profiles for the field layer on all treatment units in all three sites. Arrows indicate where curves cross and are therefore not comparable.

Diversitetsprofilerna (figur 7) för block Bjurholm visar samma tydliga bild som de enskilda indexen gör med störst diversitet i den extensiva behandlingen och minst i den intensiva. För block Edefors och Harads är det inte möjligt att få lika mycket hjälp med rangordning av behandlingarna. För Edefors kan utläsas att diversiteten är högre på intensiv behandlingsyta än på extensiv och i block Harads har både normal och extensiv behandlingsyta högre diversitet än den intensiva.

Den stående volymen skog har en positiv korrelation med antalet fältskiktarter (figur 8). Ett statistiskt signifikant linjärt samband mellan volym stående skog och artantal på cirkelprovytorna fanns i block Bjurholm och Edefors samt totalt när cirkelprovytorna från samtliga tre block användes i regressionsmodellen (figur 8). Detta samband kunde dock inte styrkas i block Harads. Även mellan stamantal och fältskiktets totala täckning fanns ett linjärt statistiskt signifikant samband, däremot inget mellan stamantal och bottenskiktets totala täckning.



Figur 8. De fyra övre figurerna visar regressionsmodeller med antalet arter i fältskiktet och stående volym (m<sup>3</sup>sk) skog 2011 per cirkelprovyta, för blocken var för sig och för samtliga tre block tillsammans. De två nedersta figurerna visar regressionsmodeller för stamantal ha<sup>-1</sup> mot fältskiktets och bottensiktets totala täckning i procent.

Figure 8. The upper four figures show regression models with number of species in the field layer and standing forest volume (m<sup>3</sup>sk) per circular plot, for each site and for all sites combined. The two lower figures show regression models with number of stems ha<sup>-1</sup> and total cover of the field layer and bottom layer.

## Diskussion

Min studie tyder på att fältskiktets artantal och totala täckningsgrad påverkas av om *P. sylvestris* eller *P. contorta* är huvudträdsdrag. Många av fältskiktsarterna i min studie med liten förekomst kan knytas till fröbank, effektiv vindsspridning eller kan anses vara gynnade av störning. Dessa återfinns till stor del inom behandlingsytorna som är markberedda. Trädskiktets utveckling har ett stort inflytande på hur mycket ljus och vatten som är tillgängligt för fältskiktet vilket i min studie har avspeglats i förekomsten av bland annat *V. myrtillus*, *E. nigrum* och *C. vulgaris*. I stora drag behandlar min diskussion tre huvudpunkter som påverkar fältskiktets artsammansättning, dessa är: huvudträdsdrag, markberedning och trädskiktets utveckling. Jag har valt att huvudsakligen behandla blocken var för sig, detta är på grund av att samma skogsskötselbehandling varierar så mycket mellan de olika blocken jag har studerat.

### Fältskiktets artantal och totala täckningsgrad

Flest fältskiktsarter fanns i normal behandling sett till det totala medelvärdet för de tre blocken, minst arter fanns i intensiv behandling. Svårigheten i att tolka detta hör ihop med att behandlingarnas utförande skiljer sig åt mellan blocken, det vill säga att det som är normal behandling i ett block kan vara mer likt intensiv behandling i ett annat.

I det artfattigaste blocket i min studie (Edefors) är skillnaden i antalet fältskiktsarter inte mer än en art mellan de tre olika skogsskötselintensiva behandlingarna. Det kan vara relaterat till att förändringar i markvegetationen i Fennoskandien efter kalavverkning i huvudsak handlar om förändringar i arters abundans och mindre om antalet arter (Esseen m.fl., 1997). Möjligtvis kan en skillnad i block Edefors mer uppenbart framträda i framtiden om skillnaden mellan behandlingsytornas trädskikt ökar, vilket förändrar förutsättningarna för fältskiktet i de olika behandlingsytorna. En art mer eller mindre är en relativt stor skillnad då det totala antalet arter i fältskiktet är lågt inom blocket.

Antalet fältskiktsarter i block Harads är mer än dubbelt så många i behandlingen med normal skogsskötselintensitet jämfört med den intensiva behandlingen. Detta skulle kunna vara relaterat till markberedning (endast normalbehandling markbereddes) eller huvudträdsdraget som i den normala behandlingen är *P. sylvestris* och i den intensiva *P. contorta* vilket är en koppling som följande studier har påvisat. I en jämförelse mellan nämnda trädslag på sju lokaler där åldern på bestånden var mellan 10 och 49 år fann Kardell & Eriksson (1989) att det genomsnittligt var två arter mer i *P. sylvestris* bestånd än i *P. contorta* bestånd. I en studie där 24 parvisa *P. sylvestris* och *P. contorta* bestånd ingick fann Nilsson m.fl. (2008) att det genomsnittliga artantalet skiljde sig väldigt lite åt, däremot var skillnaden i artpool stor. I bestånd med *P. sylvestris* var det 63 arter i artpoolen medan motsvarande siffra för bestånd med *P. contorta* var 45 arter. De föreslår även att *P. contorta* på landskapsnivå kan bidra till en homogenare markvegetation. Jag anser därför att det är rimligt antagande att huvudträdsdrag har en påverkan på antalet arter i fältskiktet.

För fältskiktets totala täckning finns i min studie en möjlig trädslagsrelaterad skillnad i block Harads, liknande den för artrikedomen som diskuterats ovan. Jämförs där normal (*P. sylvestris*) och intensiv behandling (*P. contorta*) så är fältskiktets totala täckning statistiskt signifikant högre på normal än på intensiv behandlingsyta. Liknande samband mellan dessa två trädslag fann

Nylander (2008) och Nilsson m.fl. (2008) men skillnaderna de uppmätt var inte statistiskt säkerställda. En tänkbar förklaring till hur trädslagen påverkar fältskiktets totala täckning kan vara relaterat till skillnader i barrförnan då dess kemiska sammansättning skiljer sig åt mellan trädslagen (Berg & Laskowski, 1997). Även mängden barrförna som produceras skiljer sig åt. För bestånd med *P. contorta* är mängden och täckningen av barrförna på marken högre än för bestånd med *P. sylvestris* (Kardell & Eriksson, 1989, Lundmark m.fl., 1982, Nilsson m.fl., 2008). Vidare antyder Nilsson m.fl. (2008) att det är större barrmängd i trädskiktet i *P. contorta* bestånd jämfört med *P. sylvestris* bestånd. Detta leder utöver förändrad kemisk sammansättning till att mindre ljus blir tillgängligt för fältskiktet vilket påverkar fältskiktets fotosyntes. Om man antar att ökad barrmängd i träden ger högre slutenhet i trädskiktet så fångas större mängd nederbörd i trädskiktet och därmed minskar mängden nederbörd som når marken (Anderson m.fl., 1969).

### Markberedning och fältskiktsarters förekomst

Antalet kärlväxter som är gynnade av störningar överstiger dem som gynnas av kontinuitet i boreal skog (Delin, 1992). Detta gäller inte bara naturliga störningar utan även sådana som kommer utav föryngringsavverkning och markberedning (Peltzer m.fl., 2000). I min studie har samtliga behandlingsytor kalaverkats och vissa har även markberetts. Ser man till de behandlingsytor som har markberetts med harv (normalbehandlingsytan i block Bjurholm och Harads) så har dessa både flest antal fältskiktsarter samt lägst total täckning i bottenskiktet inom respektive block. Sannolikt har harvning bidragit till den lägre täckningen i bottenskiktet då harvning initialt kan påverka upp emot 50 % av markytan och vara bestående i mer än tio år (Eriksson & Raunistola, 1990). Harvning kan i sig också bidra till att det blir fler arter i fältskiktet. Det beror på att harvning lämnar delar av marken orörd där befintligt fältskikt kan fortleva och i harvfårorna med blottad mineraljord finns möjlighet för etablering av arter med vindspridda frön och sporer (Delin, 1992) eller ur fröbank (Delin, 1992, Granström, 1988). En specifik art som visat sig gynnas av markberedning är *Epilobium angustifolium* L. (Frey m.fl., 2003, Wiensczyk m.fl., 2011). Den kan med vindens hjälp sprida sig till den blottlagda mineraljorden och etableras där. I min studie återfinns den på alla behandlingsytor inom block Bjurholm och Harads som har blivit markberedda men också på de två behandlingsytor som inte är rapporterade som markberedda i block Harads. Där kan körskadorna vara en tänkbar orsak till förekomsten av *E. angustifolium* då körskadorna ger liknande störning som markberedning. Observationerna av *E. angustifolium* är få i min studie, därför kan det vara vanskligt att dra alltför starka slutsatser om denna art vid tidpunkten för min inventering då den kan ha försvunnit på grund av att miljön blivit sämre för den. Spridningen av *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. har likt *E. angustifolium* visat sig gynnas av markberedning eller störning av marken (Bergstedt m.fl., 2008, Hautala m.fl., 2008). Detta kan tänkas förklara utfallet i min studie, där högst täckningsgrad för *D. flexuosa* fanns inom de med harv markberedda behandlingarna i block Bjurholm och Harads.

*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman och *Luzula pilosa* (L.) Willd. är arter som förknippas med spor- och fröbank (Granström, 1982, Kjellsson, 1992, Rydgren & Hestmark, 1997), möjligtvis även *Carex brunnescens* (Pers.) Poir. (Delin, 1992) och *Carex canescens* L. (Schütz & Milberg, 1997). Dessa arter återfinns i stort sett bara på behandlingsytor som har markberetts i min studie. *Carex canescens* som är vanlig på fuktig till blöt mark (Mossberg & Stenberg, 2005)

fanns endast inom en cirkelprovyta i min studie. Fyndet var i en körskada på en fuktig del inom normal behandlingsyta i block Bjurholm, Delin (1992) nämner just ett liknande scenario och menar att *C. canescens* fröbank kan gynnas av en sådan mekanisk störning. Hur stor betydelse fältskiktsarters fröbank har i min studie är svårt att säga då 30 år har gått sedan störning och därmed kan vissa arter redan ha konkurrerats ut. Men jag anser det rimligt att utifrån mina resultat och de artiklar jag refererat till hävda att den har en effekt på artsammansättningen i mina ytor.

## Skogens slutenhet och succession

Behandlingsytorna med förekomst av *G.dryopteris* och *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt (normal behandlingsyta i block Bjurholm och Harads) var harvade, men de har även högst volym stående skog och grundyta inom respektive block. Dessa två arter är väl anpassade till förhållandena som råder i sluten skog och är även fertila där (Delin, 1992), vilket är i linje med att de behandlingsytor de har hittats på i min studie kan anses vara de mest slutna med utgångspunkt från uppgifter om skogens stående volym och grundyta. Ett liknande mönster kan ses för *L. pilosa* och *Trientalis europaea* L., vilka är mer vanliga i mera sluten skog men finns även i andra miljöer. Att de i min studie är exklusiva för eller vanligare i sluten skog kan tänkas bero på att de klarar konkurrensen i den miljön bättre. Detta kan bero på att i takt med en ökad krontäckning så förändras förhållandet mellan rot- och ljuskonkurrensens (Grime, 2001). Alltså kan det vara så att de klarar ljuskonkurrensen bättre än rotkonkurrens.

Ingen behandlingsyta i block Edefors har enligt tillgängliga uppgifter markberetts, dock finns viss osäkerhet för hur fallet är i normal behandling där inga uppgifter finns om markberedning. Fältbesöket gav mig inte heller ökad klarhet i frågan. I block Edefors ökar volymen stående skog, stammar  $ha^{-1}$  och grundyta med ökande skogsskötselintensitet. Givet att ingen markberedning har utförts i blocket blir trädskiktets utveckling intressant för mönstret som uppvisas av *C. vulgaris* (minskande frekvens och täckningsgrad med ökande skogsskötselintensitet). *Calluna vulgaris* är vanlig på öppen mark (Mossberg & Stenberg, 2005) och har visat sig missgynnas av beskuggning (Iason & Alison, 1993). Detta kan förklara mönstret i block Edefors om det antas att beskuggningen tilltar med ökad skogsskötselintensitet inom blocket. I motsats till *C. vulgaris* så ökar frekvens och täckningsgrad för *E. nigrum* med stigande skötselintensitet. Det har visat sig att *E. nigrum* gynnas i senare successionsstadium (Tonteri m.fl., 1990, Okland, 2000) vilket då skulle kunna förklara mönstret i artens förekomst inom blocket. Detta kan ses som ett exempel på hur arter med olika egenskaper (ljus- eller skuggtåliga) gynnas av helt olika stadier i skogens succession.

Det positiva samband jag fann mellan antalet fältskiktsarter och stående volym för block Bjurholm, Edefors och alla block sammantaget var statistiskt starkast för block Edefors. Ökad produktivitet följs generellt av ökad artrikedom (Begon m.fl., 2006). Men en sådan teori bör kunna uteslutas då försöket anlades för att studera effekten av skogsskötselintensitet och inte en produktivitetsgradient, så därför bör markens produktivitet vara lika mellan behandlingarna. Skillnad i artrikedom kan också förklaras av en successionsgradient, där antalet arter ökar till en början i en kolonisationsfas (efter avverkning) för sedan minska när konkurrensen hårdnar (skogen sluter sig) (Begon m.fl., 2006). Detta är en rimligare förklaring till sambandet mellan stående volym skog och antalet fältskiktsarter.

Intensiteten av den solstrålning som når marken påverkas bland annat av stamtätheten (Kimmins, 2004). Jag fick tillgång till data för stamtäthet och utifrån dessa fann jag med hjälp av regressionsanalys att fältskiktets totala täckning minskar med ökat stamantal  $ha^{-1}$ , vilket tyder på att solinstrålningens intensitet är betydelsefull för hur mycket av marken som täcks av fältskikt. För bottenskiktets totala täckning fanns inte samma samband med stamtätheten. Ett mått av försiktighet bör tas gällande samband mellan stamtäthet och total täckning i fält- respektive bottenskiktet då de baseras på behandlingsytornas medelvärden vilket innebär att endast nio prov ligger till grund för regressionsmodellerna. Vidare bör andra faktorer än bara ljuset beaktas, exempelvis konkurrensen om vatten och näring.

En enskild art som påverkas av kronslutning i min studie är *V. myrtillus*, den har statistiskt signifikant högre täckning på normal och intensiv behandlingsyta än på de extensiva i blocken Bjurholm och Harads. Behandlingsytor med hög täckning av *V. myrtillus* har även hög grundyta, just grundyta ger i yngre skog en bra uppskattning av kronslutningen (Jennings m.fl., 1999). Volym stående skog och antal stammar  $ha^{-1}$  följer samma mönster och sammantaget bör detta rimligvis resultera i högre kronslutning. Under förutsättningen att högre kronslutning ger ökad beskuggning av marken tycks ökad kronslutning gynna *V. myrtillus* vilket är i linje med andra studier (Kardell, 1979, Kardell & Eriksson, 1989).

Saetre m.fl. (1997) fann att fältskiktets totala täckning minskade med ökande grundyta i skog dominerad av *Picea abies* (L.) Karst eller blandskog med *P. abies*, *Betula pendula* Roth. och *Betula pubescens* Ehrh., (åldern på bestånden de studerade var mellan 29 och 94 år). Tvärtemot deras resultat visar block Bjurholm och Harads att den totala täckningen i fältskiktet ökade med stigande grundyta. Endast på block Edefors ger behandlingen med den lägsta grundytan (extensiv behandling) den högsta täckningen i fältskiktet men skillnaderna är små (endast 3 - 4 % skiljer mot övriga två behandlingar). Blocken jag har studerat är dominerade av *P. sylvestris* och *P. contorta*, medan ytorna som studerades av Saetre m.fl. (1997) var dominerade av *P. abies*, *B. pendula* eller *B. pubescens* vilket kan förklara skillnaderna mellan deras resultat och mitt.

## Diversitetsmönster

Det block som tydligast visar på skillnad i artsammansättning utifrån diversitets-, dominans- och jämnhetsindex samt från diversitetsprofilen är Bjurholm. I detta block har ~~det~~ inte skogsskötselintensiteten avspeglats i volymen stående skog men indexen och profilen visar en gradient med avtagande diversitet och jämnhet med stigande skogsskötselintensitet. Det kan ses som ett bakslag för tanken bakom intensitetsförsöket då utgångspunkten rimligvis bör vara att intensivare skogsbruk ska resultera i mer skog. Den intensiva behandlingsytan planterades först med *P. sylvestris* som drabbades av uppfrysning varefter den hjälpplanterades med *P. contorta* (Elfving, 2010). Detta i kombination med att normal behandling är ett rent *P. contorta* bestånd kan troligen vara det som ligger bakom skillnaden i stående volym då *P. contorta* växer snabbare och kan på jämförbar mark producera drygt 30 % mer stamvolym än *P. sylvestris* (Norgren & Elfving, 1995). Orsaken till att diversiteten och jämnheten är högre i normal än intensiv behandling inom block Bjurholm skulle kunna vara att beståndet börjar vara gynnsamt för skuggföredragande växter samtidigt som det fortfarande är tillräckligt bra förhållanden för ljuskrävande arter. Det vill säga att beståndet är i en utvecklingsfas där många arters habitatkrav uppfylls. Det kan jämföras med resultaten från Schoonmaker & Mckee (1988) som visade att



diversiteten har en kulmen under den sekundära successionen som följer efter en störning och att den sedan minskar när krontaket sluter sig. Något liknande kan vara fallet här då normal behandling har nått längre i sin utveckling och kan vara närmare stadiet då diversiteten är som högst. Den extensiva behandlingen i block Bjurholm är betydligt mer heterogen fuktighetsmässigt än de övriga två behandlingarna, vilket med stor säkerhet påverkar artsammansättningen till det positiva då ökad heterogenitet i allmänhet ger fler arter (Kimmins, 2004).

I block Edefors är diversiteten högst i intensiv behandling och lägst i extensiv. Jämnheten är svårtolkad då de index som använts visar olika resultat. Indexvärdena skiljer sig endast lite åt mellan behandlingar i block Edefors, dessutom överlappar konfidensintervallen för indexen varandra. Att indexen skiljer sig så lite åt kan bero på att antalet fältskiktsarter är lågt (max sju stycken) samt att jag upplevde att behandlingsytornas abiotiska förutsättningar var homogena.

I block Harads går det inte att skilja behandlingarna åt baserat på indexen och diversitetsprofilerna. Data som ligger till grund för indexen och diversitetsprofilerna tar inte hänsyn till alla arter inom cirkelprovytan utan bara de som har täckningsgrad, det vill säga arter som finns representerade inom smårutorna. Detta medför förstås en osäkerhet i hur man ska tolka värdena för block Bjurholm och Harads där det tillkommer relativt många arter när cirkelprovytans arter beaktas och inte bara smårutorna.

## Metodkommentarer och felkällor

Dokumentationen av den ursprungliga försökutläggningen har brister såsom dokumentation om utförd markberedning och beskrivning av hur normalbehandlingarna har utförts. För min studie hade uppgiften om markberedning har utförts eller ej inom den normala behandlingsytan i block Edefors varit viktig. Eftersom markberedning i min studie och i flertalet andra studier (Bergstedt m.fl., 2008, Eriksson & Raunistola, 1990, Pykälä, 2004) har visat sig påverka markvegetationen. Gällande försöksupplägget så hade min studie gynnats av flera upprepningar av behandlingarna i varje block. Detta hade varit bra för de statistiska tester jag genomfört samt att pseudoreplikation kunnat uteslutas.

Nu, när ungefär 30 år förlöpt sedan beståndsanläggning har inte skillnaden i skogsskötselintensitet avspeglats i volym stående skog mellan normal- och intensivbehandling inom block Bjurholm och Harads. De skogsskötselåtgärder som är utförda i samband med beståndsanläggning lyckas enligt min mening inte återskapa den ursprungliga önskan om en intensitetsgradient inom blocken. Detta illustreras i block Bjurholm där både normal- och intensivbehandling var markberedda men normal planterades med *P. contorta* och intensiv planterades initialt med *P. sylvestris*. I block Harads är endast den normala behandlingen markberedd. Således blir det svårt att värdera normal- och intensivbehandling mot varandra då de inte på ett självklart vis motsvarar sitt syfte.

Starkt älgbete har drabbat block Edefors (Elfving, 2010), rimligt är att även Bjurholm och Harads drabbats i någon omfattning. Här skulle trädslagsvalet vid plantering kunna påverka hur hårt olika behandlingsytor drabbas då älgen som i sitt betesval har visat sig preferera *P. sylvestris* något mer än *P. contorta* (Witzell m.fl., 2010). En orsak till att älgens bete på *P. contorta* i allmänhet inte är lika omfattande eller allvarliga som på *P. sylvestris* kan vara att *P. contorta* har

grövre kvistar vilket gör *P. contorta* mindre aptitlig att beta på (Lägesrapport, 1992). Detta skulle kunna få utslag i block Bjurholm och Harads där det är olika huvudträdslag (tabell 1) i de olika behandlingsytorna. För min studie skulle det kunna innebära att effekten av skötselintensitet inte framträder på grund av att betesskador får för stor inverkan på beståndets utveckling. Vidare får förstås andra skador och sjukdomar som drabbar enstaka träd eller delar av trädsiktet indirekt konsekvenser för markvegetationen på grund av att när träd dör skapas en luckdynamik (Kuuluvainen, 2002) som ger markvegetationen olika förutsättningar.

Metoden jag har använt mig av för att visuellt bedöma täckningsgrad är subjektiv. Bergstedt m.fl. (2009) fann att det kan finnas betydande fel som varierar mycket mellan olika arter som kan härledas till inventeraren. De kunde även konstatera att erfarenhet verkar ha lite inflytande på uppskattningarna. Vidare fann Sykes m.fl. (1983) att bättre precision erhålls när en och samma person sköter avläsningarna. I detta sammanhang bör påpekas att jag har själv utfört all avläsning i fält vilket leder till att fel som kan härledas till avläsaren bör vara ganska lika mellan behandlingsytorna. Metoden med visuell uppskattning av täckningsgrad som jag har använt mig av ger högre noggrannhet, precision och känslighet för att uppskatta täckningsgrad gentemot två andra metoder (point frequency och subplot frequency) (Bråkenhielm & Qinghong, 1995). Vidare är metoden tidseffektiv och kräver lite utrustning vilket även gör den billigare än andra metoder (Bergstedt m.fl., 2009). En ytterligare fördel med täckningsgrad är att jag utöver antalet arter och frekvens även får en uppfattning om abundansen. Sammantaget anser jag att inventeringsmetoden som jag använt mig av var den lämpligaste att använda för mitt syfte och med den begränsade tiden som fanns för fältarbete.

Utvecklingen för olika arter skiljer sig åt under vegetationsperioden vilket då kan påverka värdena för täckningsgrad och antalet arter som hittas. Avläsningen ger således en bild av hur artsammansättningen ser ut vid avläsningstillfället. Därför är det viktigt att data som skall jämföras är insamlad inom ett smalt tidsfönster. Jag har endast jämfört behandlingar inom respektive block och inventeringen tog tre dagar i anspråk per block, vilket jag anser vara kort nog för att tiden inte skall få avgörande betydelse för mina resultat.

## Slutsatser

Utifrån mina resultat och litteraturstudier har jag kommit fram till följande:

Sett över alla block finns det högsta artantalet i fältsiktet inom behandling med normal skogsskötselintensitet. Dock skiljer sig utförandet av samma skogsskötselintensitet åt mellan blocken, det vill säga att normal och intensiv behandling kan se väldigt olika ut mellan blocken vilket komplicerar att dra generella slutsatser för alla tre blocken.

Markberedning leder till högre artantal i fältsiktet. I de två block där det finns markberedda behandlingsytor var det högsta antalet fältsiktsarter i de markberedda behandlingsytorna. Jag anser att den mest sannolika förklaringen till detta är att markberedningen har skapat ytor med bar konkurrensbefriad mineral jord. Där har arter med fröbank eller god spridningsförmåga, exempelvis *E. angustifolium* kunnat etablera sig i en miljö med liten konkurrens från annan vegetation.

Huvudträdslaget spelar roll för fältskiktets artantal och totala täckning. I block Harads fanns tio fältskiktsarter fler i normal (*P. sylvestris*) än intensiv (*P. contorta*) behandling. Även fältskiktets totala täckningsgrad var högre i behandlingen med *P. sylvestris* än behandlingen med *P. contorta* i block Harads. Jag anser att detta kan bero på att beskuggningen är större i behandlingen med *P. contorta* samt att förnan skiljer sig åt mellan dessa trädslag.

Bestandsvariablerna visar på två samband. Med ökande volym stående skog ökar antalet arter i två block och alla block sammantaget. Det anser jag bäst förklaras genom att se ökande volym stående skog som en successionsgradient där det successionsstadium som skogsekosystemet befinner sig i förflyttas framåt i takt med ökande volym stående skog. Stamtätheten påverkar fältskiktets totala täckningsgrad negativt vilket jag främst kopplar till en minskad ljusintensitet på grund av ökande stamtäthet.

Diversitet, dominans och jämnhet uppvisar inget generellt mönster för blocken i min studie, däremot skiljde behandlingarna sig åt i block Bjurholm på alla dessa tre punkter. I block Edefors fanns möjligvis en skillnad i diversitet och i block Harads är slutsatsen att behandlingarna var lika.

Jag ser ett behov av större liknande studier som täcker in ett större spann av vegetationstyper och som framförallt följer hela och i förlängningen flera rotationsperioder. Detta skulle behövas för att få bättre kunskap om olika intensiva skogsbruksalternativs påverkan på fältskiktsvegetationen på kort och lång sikt samt huruvida naturvårdsinriktade åtgärder behöver vidtas för att vårda fältskiktet.

## Referenser

- Anderson, R. C., Loucks, O. L. & Swain, A. M. 1969. Herbaceous Response to Canopy Cover, Light Intensity, and Throughfall Precipitation in Coniferous Forests. *Ecology*, 50, 255-263.
- Begon, M., Townsend, C. R. & Harper, J. L. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems. 4th edition*, Blackwell Publishing.
- Berg, B. & Laskowski, R. 1997. Changes in nutrient concentrations and nutrient release in decomposing needle litter in monocultural systems of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* - a comparison and synthesis. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 113-121.
- Bergstedt, J., Hagner, M. & Milberg, P. 2008. Effects on vegetation composition of a modified forest harvesting and propagation method compared with clear-cutting, scarification and planting. *Applied Vegetation Science*, 11, 159-168.
- Bergstedt, J., Westerberg, L. & Milberg, P. 2009. In the eye of the beholder: bias and stochastic variation in cover estimates. *Plant Ecology*, 204, 271-283.
- Bråkenhielm, S. & Persson, H. 1980. Vegetation Dynamics in Developing Scots Pine Stands in Central Sweden. *Ecological Bulletins*, 139-152.
- Bråkenhielm, S. & Qinghong, L. 1995. Comparison of Field Methods in Vegetation Monitoring. In: Černý, J., Novák, M., Pačes, T. & Wieder, R. K. (eds.) *Biogeochemical Monitoring in Small Catchments*. Springer Netherlands.
- Delin, A. 1992. Kärleväxter i taigan i Hälsingland - deras anpassningar till kontinuitet eller störning. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 86, 147-176.
- Ekstam, U. 1996. *Äldre fodermarker : betydelsen av hävdregimen i det förgångna, målstyrning, mätning och uppföljning*, Stockholm, Naturvårdsverket.
- Elfving, B. 2010. Status år 2009 för SLU: s försöksserie med olika skogsskötselintensitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Sveriges lantbruksuniversitet: Rapport nr: 6.
- Eriksson, O. & Raunistola, T. 1990. Impact of soil scarification on reindeer pastures. *Rangifer*, 10, 99-106.
- Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. 1997. Boreal Forests. *Ecological Bulletins*, 16-47.
- Esseen, P.-A., Glimskär, A., Ståhl, G. & Sundquist, S. 2009. Fältinstruktion för nationell inventering av landskapet i Sverige: NILS år 2009. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Sveriges lantbruksuniversitet.

- Frey, B. R., Lieffers, V. J., Munson, A. D. & Blenis, P. V. 2003. The influence of partial harvesting and forest floor disturbance on nutrient availability and understory vegetation in boreal mixedwoods. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 1180-1188.
- Granström, A. 1982. Seed banks in five boreal forest stands originating between 1810 and 1963. *Canadian Journal of Botany*, 60, 1815-1821.
- Granström, A. 1988. Seed Banks at Six Open and Afforested Heathland Sites in Southern Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 25, 297-306.
- Grime, J. P. 2001. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*, New York Wiley.
- Hallingbäck, T. & Holmåsén, I. 1985. *Mossor : en fälthandbok*, Stockholm, Interpublishing.
- Hart, S. A. & Chen, H. Y. H. 2008. Fire, logging, and overstory affect understory abundance, diversity, and composition in boreal forest. *Ecological Monographs*, 78, 123-140.
- Hautala, H., Tolvanen, A. & Nuortila, C. 2008. Recovery of pristine boreal forest floor community after selective removal of understorey, ground and humus layers. *Plant Ecology*, 194, 273-282.
- Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological monographs*, 54, 187-211.
- Häggglund, B. & Lundmark, J. 1999. Bonitering-Markvegetationstyper, Skogsmarksflora. *Skogstyrelsens förlag, Jönköping*.
- Iason, G. R. & Alison, J. H. 1993. The Response of Heather (*Calluna Vulgaris*) to Shade and Nutrients--Predictions of the Carbon-Nutrient Balance Hypothesis. *Journal of Ecology*, 81, 75-80.
- Jennings, S., Brown, N. & Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, 72, 59-74.
- Kardell, L. 1979. Occurrence and production of bilberry, lingonberry and raspberry in Sweden's forests. *Forest Ecology and Management*, 2, 285-298.
- Kardell, L. & Eriksson, L. 1989. Vegetationsutveckling och bärproduktion i tall-och contortabestånd 1981-1987. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig landskapsvård.
- Kardell, L. & Eriksson, L. 2011. Blåbärs- och lingonrisets återhämtning 30 år efter kalavverkning och markberedning 1977-2010. In: Eriksson, L. S. & Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen För Skoglig, L. (eds.). Uppsala: Institutionen för skoglig landskapsvård, Sveriges lantbruksuniversitet.

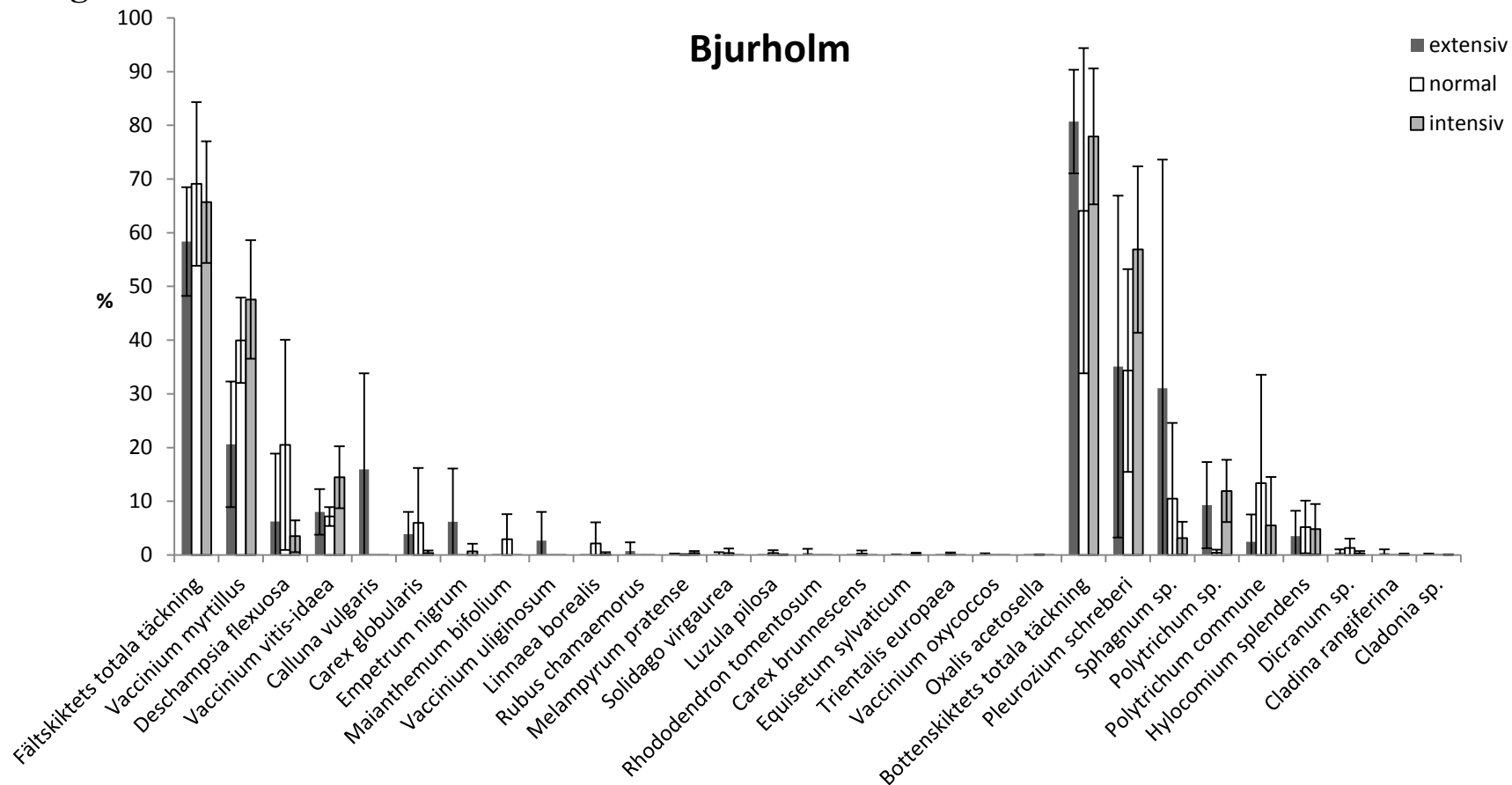
- Kimmins, J. P. 2004. *Forest ecology : a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*, Upper Saddle River, NJ, Pearson Prentice Hall.
- Kindt, R. & Coe, R. 2005. *Tree diversity analysis: A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*, World Agroforestry Centre.
- Kjellsson, G. 1992. Seed Banks in Danish Deciduous Forests: Species Composition, Seed Influx and Distribution Pattern in Soil. *Ecography*, 15, 86-100.
- Krok, T. O. B. N. & Almquist, S. 2001. *Svensk flora. [1], Fanerogamer och ormbunksväxter*, Stockholm, Stockholm : Liber utbildning.
- Kuuluvainen, T. 2002. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. *Silva Fennica*, 36, 97-125.
- Lundmark, J., Berg, B. & Nilsson, Å. 1982. Contortatallens inflytande på mark och markvegetation i jämförelse med sylvestristallens. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 1-2, 43-48.
- Lägesrapport 1992. *Contortatallen i Sverige - en lägesrapport*, Jönköping, Skogsstyrelsen.
- Magurran, A. E. 1991. *Ecological diversity and its measurement*, London, Chapman and Hall.
- Man, R., Rice, J. A. & Macdonald, G. B. 2009. Long-term response of planted conifers, natural regeneration, and vegetation to harvesting, scalping, and weeding on a boreal mixedwood site. *Forest Ecology and Management*, 258, 1225-1234.
- Miljödepartementet 2010. Svenska miljömål - för ett effektivare miljöarbete : regeringens proposition 2009/10:155. Stockholm: Regeringskansliet
- Moberg, R. & Holmåsen, I. 1990. *Lavar : en fälthandbok*, Stockholm, Interpublishing.
- Mossberg, B. & Stenberg, L. 2005. *Den nya nordiska floran*, Stockholm, Wahlström & Widstrand.
- Nilsson, C., Engelmark, O., Cory, J., Forsslund, A. & Carlborg, E. 2008. Differences in litter cover and understorey flora between stands of introduced lodgepole pine and native Scots pine in Sweden. *Forest ecology and management*, 255, 1900-1905.
- Nilsson, M. C. & Wardle, D. A. 2005. Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3, 421-428.
- Norgren, O. & Elfving, B. 1995. Tall eller contorta—valet mellan stabilitet och tillväxt avgör (Scots pine or lodgepole pine—the choice between stability and growth). *Fakta skog nr. 15*.

- Nygaard, P. H. & Ødegaard, T. 1999. Sixty years of vegetation dynamics in a south boreal coniferous forest in southern Norway. *Journal of Vegetation Science*, 10, 5-16.
- Nylander, A. 2008. *Trädslagsinverkan på markvegetationens utveckling i odlingsförsök med tall och contorta = Influence of tree species on the development of forest floor vegetation in experimental plantations with Scots pine and lodgepole pine*. Examensarbete, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Okland, R. H. 2000. Understorey vegetation development in north Finnish Picea forests after disturbance: re-analysis of Siren's data. *Journal of Vegetation Science*, 11, 533-546.
- Peltzer, D. A., Bast, M. L., Wilson, S. D. & Gerry, A. K. 2000. Plant diversity and tree responses following contrasting disturbances in boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 127, 191-203.
- Pitkänen, S. 2000. Classification of vegetational diversity in managed boreal forests in eastern Finland. *Plant Ecology*, 146, 11-28.
- Poudel, B. C., Sathre, R., Bergh, J., Gustavsson, L., Lundström, A. & Hyvönen, R. 2012. Potential effects of intensive forestry on biomass production and total carbon balance in north-central Sweden. *Environmental Science & Policy*, 15, 106-124.
- Pykälä, J. 2004. Immediate increase in plant species richness after clear-cutting of boreal herb-rich forests. *Applied Vegetation Science*, 7, 29-34.
- Rydgren, K. & Hestmark, G. 1997. The soil propagule bank in a boreal old-growth spruce forest: changes with depth and relationship to aboveground vegetation. *Canadian Journal of Botany*, 75, 121-128.
- Saetre, P., Saetre, L. S., Brandtberg, P.-O., Lundkvist, H. & Bengtsson, J. 1997. Ground vegetation composition and heterogeneity in pure Norway spruce and mixed Norway spruce-birch stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 2034-2042.
- Schoonmaker, P. & Mckee, A. 1988. Species Composition and Diversity During Secondary Succession of Coniferous Forests in the Western Cascade Mountains of Oregon. *Forest Science*, 34, 960-979.
- Schütz, W. & Milberg, P. 1997. Seed dormancy in *Carex canescens*: regional differences and ecological consequences. *Oikos*, 420-428.
- Sjögren, H. & Näslund, B.-Å. 1996. *Försök med olika skogsskötselintensitet: dokumentation av försöksanläggning 1984-1988*, Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Skogsstyrelsen 2013. *Skogsstatistisk årsbok. 2013*, Jönköping, Skogsstyrelsen.

- Slu 2011. Vindelns Försöksparker, Enheten för Skoglig Fältforskning, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Smith, B. & Wilson, J. B. 1996. A consumer's guide to evenness indices. *Oikos*, 76, 70-82.
- Stiling, P. D. 2002. *Ecology : theories and applications*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall.
- Ståhl, P. H. & Bergh, J. 2013. *Produktionshöjande åtgärder, Skogsskötselserien 16*, Jönköping, Skogsstyrelsen.
- Sykes, J. M., Horrill, A. D. & Mountford, M. D. 1983. Use of Visual Cover Assessments as Quantitative Estimators of Some British Woodland Taxa. *Journal of Ecology*, 71, 437-450.
- Tonteri, T., Mikkola, K. & Lahti, T. 1990. Compositional gradients in the forest vegetation of Finland. *Journal of Vegetation Science*, 1, 691-698.
- Tóthmérész, B. 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science*, 6, 283-290.
- Ulvcrona, K. A., Karlsson, A., Hallsby, G., Elfving, B., Ulvcrona, T., Sjögren, H. & Bergsten, U. manuscript. Effects of regeneration intensity on stand properties 25 years later. - A nation-wide Swedish field experiment
- Wiensczyk, A., Swift, K., Morneau, A., Thiffault, N., Szuba, K. & Bell, F. W. 2011. An Overview of The Efficacy of Vegetation Management Alternatives for Conifer Regeneration in Boreal Forests. *The Forestry Chronicle*, 87, 175-200.
- Wilson, J. B. 2011. Cover plus: ways of measuring plant canopies and the terms used for them. *Journal of Vegetation Science*, 22, 197-206.
- Witzell, J., Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A., Blennow, K., Hanson, L., Hansson, P., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, J., Stenlid, J., Valinger, E., Wallertz, K., Witzell, J. & Åhman, I. 2010. *Skador på skog. Skogsskötselserien del 3*, Jönköping, Skogsstyrelsen.
- Zaremba, M. 2012. *Skogen vi ärvde [Elektronisk resurs]*, Weyler förlag.
- Øyvind, H. 2013. PAST, Paleontological Statistics Version 3.0. Reference manual.



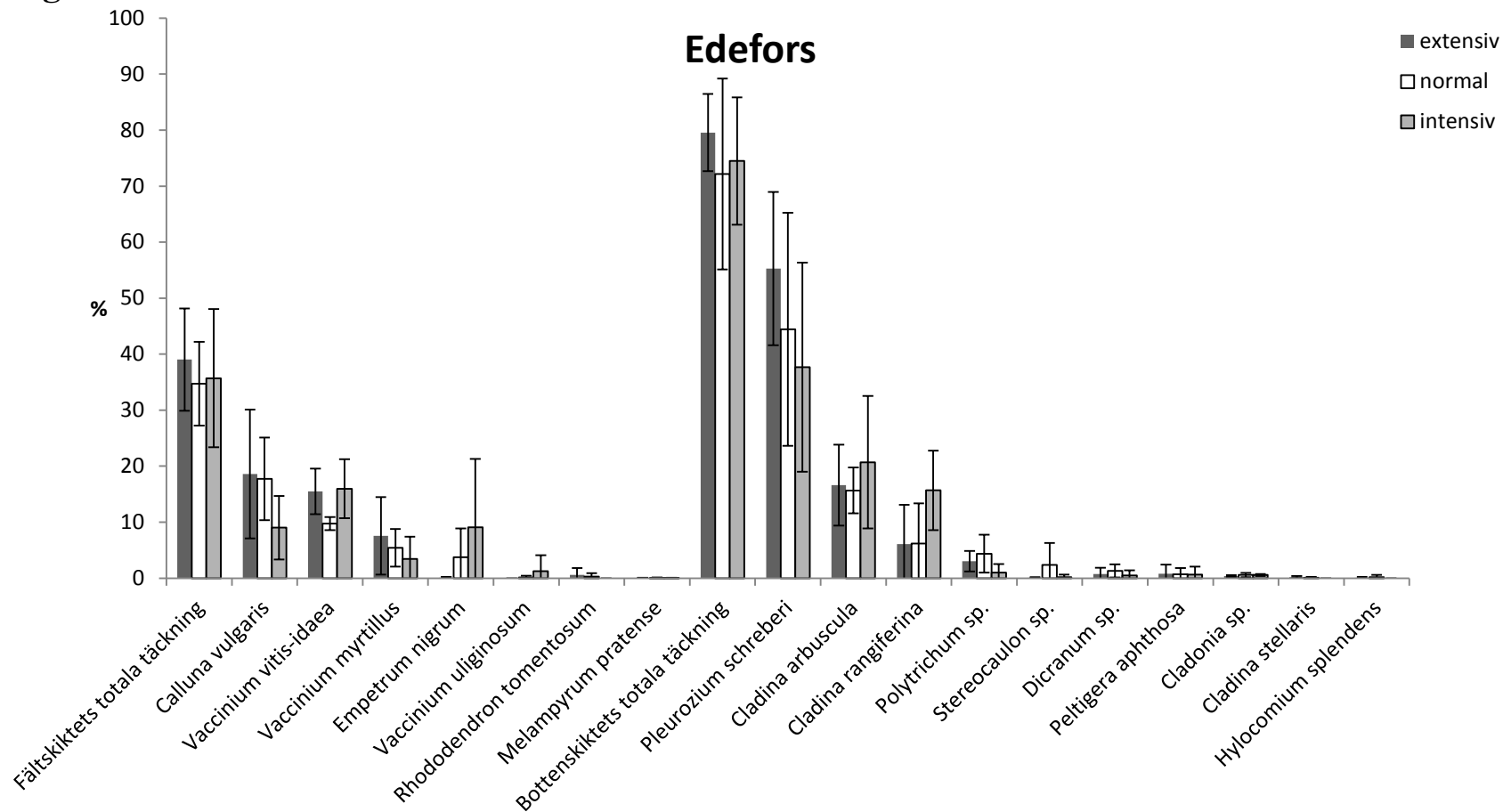
## Bilaga 1



Bilaga 1. Täckningsgrad för arter med förekomst inom smårutor från inventering 2013. Staplar visar medelvärde för respektive behandlingsyta. Tunna streck anger en standardavvikelse.

*Appendix 1. Coverage for species which were present within squares from the inventory in 2013. Bars display average values for each treatment unit. Error bars displays one standard deviation.*

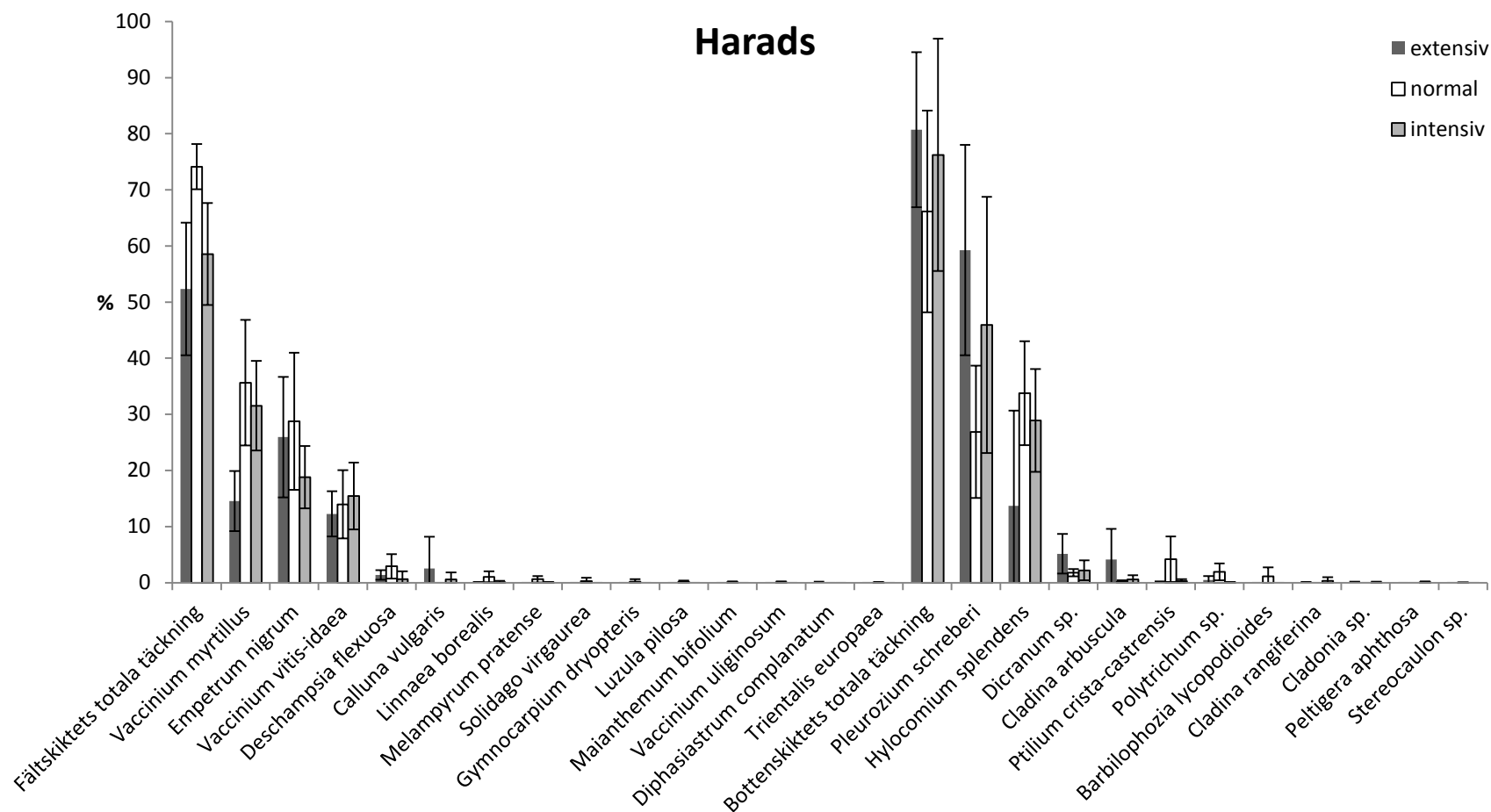
## Bilaga 2



Bilaga 2. Täckningsgrad för arter med förekomst inom smårutor från inventering 2013. Staplar visar medelvärde för respektive behandlingsyta. Tunna streck anger en standardavvikelse.

*Appendix 2. Coverage for species which were present within squares from the inventory in 2013. Bars display average values for each treatment unit. Error bars displays one standard deviation.*

## Bilaga 3



Bilaga 3. Täckningsgrad för arter med förekomst inom smårutor från inventering 2013. Staplar visar medelvärde för respektive behandlingsyta. Tunna streck anger en standardavvikelse.

Appendix 3. Coverage for species which were present within squares from the inventory in 2013. Bars display average values for each treatment unit. Error bars displays one standard deviation.

## Bilaga 4

Bilaga 4. Artlista med medeltäckningsgrad per behandlingsyta.  
Appendix 4. Species list with average coverage per treatment unit.

		Bjurholm			Edefors			Harads		
		<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>	<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>	<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>
<b>Fältskiktets totala täckning</b>		58,37	69,10	65,70	39,03	34,73	35,70	52,33	74,13	58,57
Calluna vulgaris	Ljung	15,93		*	18,60	17,73	9,02	2,53	*	0,57
Carex brunnescens	Nickstarr		0,27							
Carex canescens	Gråstarr		*							
Carex globularis	Klotstarr	3,90	6,00	0,37						
Deschampsia flexuosa	Kruståtel	6,25	20,52	3,50				1,38	2,92	0,63
Diphasiastrum complanatum	Plattlummer							0,05	*	
Empetrum nigrum	Kråkbär	6,17	*	0,70	0,07	3,77	9,07	25,93	28,77	18,80
Epilobium angustifolium	Mjölke		*	*				*	*	*
Equisetum sylvaticum	Skogsfräken	0,03		0,13						
Eriophorum vaginatum	Tuvull	*	*							
Geranium sylvaticum	Midsommar-blomster								*	
Gymnocarpium dryopteris	Ekbräken		*						0,20	

		<b>Bjurholm</b>			<b>Edefors</b>			<b>Harads</b>		
		<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>	<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>	<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>
Hieracium sect. Hieracium	Skogsfibblor								*	
Linnaea borealis	Linnea		2,17	0,18				0,03	1,05	0,10
Luzula pilosa	Vårfryle	*	0,35	0,02				*	0,17	
Maianthemum bifolium	Ekorrbär		2,95						0,07	
Melampyrum pratense	Ängskovall	0,10	0,07	0,38	0,02	0,03	0,02	*	0,62	0,03
Oxalis acetosella	Harsyra		0,05							
Rhododendron tomentosum	Skvattram	0,35		*	0,57	0,30	*		*	
Rubus chamaemorus	Hjortron	0,73								
Solidago virgaurea	Gullris	0,17	0,37	*				*	0,27	
Trientalis europaea	Skogsstjärna	*	0,17	*					0,03	
Vaccinium myrtillus	Blåbär	20,58	39,97	47,57	7,57	5,42	3,43	14,55	35,63	31,53
Vaccinium oxycoccos	Tranbär	0,10								
Vaccinium uliginosum	Odon	2,67				0,13	1,27		0,07	
Vaccinium vitis- idaea	Lingon	8,03	7,17	14,47	15,50	9,73	15,97	12,27	13,97	15,43
<b>Bottenskiktets totala täckning</b>		80,70	64,10	77,93	79,57	72,17	74,50	80,70	66,17	76,23
Barbilophozia lycopodioides	Lumtermossa								1,13	

		<b>Bjurholm</b>			<b>Edefors</b>			<b>Harads</b>		
		<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>	<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>	<i>Extensiv</i>	<i>Normal</i>	<i>Intensiv</i>
Cladina arbuscula	Gulvit renlav				16,60	15,67	20,70	4,15	0,20	0,60
Cladina rangiferina	Grå renlav	0,38		0,10	6,08	6,18	15,68	0,03		0,35
Cladina stellaris	Fönsterlav				0,20	0,10				
Cladonia sp.	Bägarlavar	0,10		0,03	0,38	0,57	0,57	0,07		0,05
Dicranum sp.	Kvastmossor	0,45	1,33	0,32	0,75	1,30	0,48	5,15	1,77	2,20
Hylocomium splendens	Husmossa	3,53	5,22	4,80	0,07	0,18		13,70	33,77	28,92
Peltigera aphthosa	Torsklav				0,80	0,67	0,63			0,07
Pleurozium schreberi	Väggmossa	35,07	34,35	56,87	55,30	44,45	37,67	59,27	26,87	45,93
Polytrichum commune	Björnmossa	2,47	13,37	5,50						
Polytrichum sp.	Björnmossor	9,28	0,40	11,92	3,03	4,37	1,02	0,48	1,93	0,05
Ptilium crista-castrensis	Kammossa							0,10	4,18	0,27
Sphagnum sp.	Vitmossor	31,03	10,47	3,15						
Stereocaulon sp.	Påskrislavar				0,07	2,38	0,20		0,02	

\* = förekomst av art inom minst en cirkelprovyta.

\* = occurrence of a species within at least one circular plot.

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2014:2      Författare: Li Videkull  
Tree species traits response to different canopy cover for 34 tree species in an enrichment planted tropical secondary rain forest in Sabah, Malaysia
- 2014:3      Författare: Helena Lindén  
Förvaltning och skogsskötsel av ett tätortsnära naturreservat. – En fallstudie om Lugnets naturreservat i Falun
- 2014:4      Författare: Matilda Johansson  
Askåterföring på skogsmark – en metaanalys om påverkan på ytvattnets syra-baskemi
- 2014:5      Författare: Sven Gustafsson  
Gynnar stora hyggen ortolansparven? Resultat från en inventering i Västerbotten 2013
- 2014:6      Författare: Björn Karlsson  
Bergsbrukets början, samt dess och jordbrukets påverkan på vegetationen uti Garpenbergs socken i sydöstra Dalarna
- 2014:7      Författare: Martin Karlsson  
Jordbrukets och järnframställningens påverkan på skogsutvecklingen vid Eskilshult, en by med medeltida anor. – En studie baserad på pollenanalys
- 2014:8      Författare: Ragna Lestander  
En utvärdering av de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi
- 2014:9      Författare: Sara Svanlund  
Carbon sequestration in the pastoral area of Chepareria, wesern Kenya – A comparison between open-grazing, fenced pastures and maize cultivations
- 2014:10     Författare: Erik Risby  
Beräkning av areal och stående timmervolym i skyddszoner skapade från DTW-index
- 2014:11     Författare: Erik Olsson  
Jämförelse av prognostiserad och observerad beståndstillväxt 5 år efter första gallring enligt Bergvik Skogs skötselprogram
- 2014:12     Författare: Ronja Jägbrant  
Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till beståndsålder i södra Norrland
- 2014:13     Författare: Maja Johansson  
De närboendes besöksvanor och attityder till naturområdet Stadsliden i centrala Umeå. En kvantitativ enkätstudie med kompletterande kvalitativa intervjuer
- 2014:14     Författare: Caroline Haglund  
Lövskogsmålen i FSC-certifierat skogsbruk – tolkning, uppföljning och skötseldirektiv
- 2014:15     Författare: Ragna Wennström  
LandPuck™-systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige
- 2014:16     Författare: Anton Ahlström  
När cykelstigen kom till byn. En fallstudie i Arvidsjaurs kommun

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)